

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

280

Année 1889

N°

THÈSE
POUR
LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée & soutenue le Mercredi 3 Juillet 1889, à 1 heure

PAR

PAUL MARCHAL

LICENCIÉ ÈS SCIENCES NATURELLES

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ZOOLOGIQUE DE FRANCE

Né à Paris, le 27 Septembre 1862

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DE LA
DÉSASSIMILATION DE L'AZOTE

L'Acide urique et la Fonction rénale chez les Invertébrés

Président : M. A. Gautier, Professeur.

*Juges : MM. { Damaschino, Professeur.
R. Blanchard, A. Robin, Agrégés.*

Le Candidat répondra en outre aux questions qui lui seront adressées sur les différentes parties de l'enseignement médical.

LILLE

IMPRIMERIE DE LA SOCIÉTÉ ZOOLOGIQUE DE FRANCE
LE BIGOT Frères, 9-11, rue Nicolas-Leblanc.

1889

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1889

N° 280

THÈSE
POUR
LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée & soutenue le Mercredi 3 Juillet 1889, à 1 heure

PAR

PAUL MARCHAL

LICENCIÉ ÈS SCIENCES NATURELLES

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ZOOLOGIQUE DE FRANCE

Né à Paris, le 27 Septembre 1862

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DE LA
DÉSASSIMILATION DE L'AZOTE

L'Acide urique et la Fonction rénale chez les Invertébrés

Président : M. A. Gautier, Professeur.

*Juges : MM. { Damaschino, Professeur.
R. Blanchard, A. Robin, Agrégés.*

Le Candidat répondra en outre aux questions qui lui seront adressées
sur les différentes parties de l'enseignement médical.

LILLE

IMPRIMERIE DE LA SOCIÉTÉ ZOOLOGIQUE DE FRANCE
LE BIGOT Frères, 9-11, rue Nicolas-Leblanc.

1889

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen	M. BROUARDEL.
Professeurs	MM.
Anatomie	FARABEUF.
Physiologie	CH. RICHEL.
Physique médicale	GARIEL.
Chimie organique et chimie minérale	GAUTIER.
Histoire naturelle médicale	BAILLON.
Pathologie et thérapeutique générales	BOUCHARD.
Pathologie médicale	DAMASCHINO.
	DIEULAFOY.
	GUYON.
Pathologie chirurgicale	LANNELONGUE.
Anatomie pathologique	CORNIL.
Histologie	MATHIAS DUVAL.
Opérations et appareils	DUPLAY.
Pharmacologie	REGNAULD.
Thérapeutique et matière médicale	HAYEM.
Hygiène	PROUST.
Médecine légale	BROUARDEL.
Accouchements, maladies des femmes en couches et des enfants nouveau-nés	N.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LABOULBÈNE.
Pathologie comparée et expérimentale	STRAUSS.
	G. SEE.
Clinique médicale	POTAIN.
	JACCOUD.
	PETER.
	GRANCHER.
Maladies des enfants	BALL.
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale	FOURNIER.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	CHARCOT.
Clinique des maladies du système nerveux	RICHEL.
	VERNEUIL.
Clinique chirurgicale	TRELAT.
	LE FORT.
Clinique ophthalmologique	PANAS.
Clinique d'accouchement	TARNIER.

Professeurs honoraires :

MM. GAVARRET, SAPPEY, HARDY et PAJOT.

Agrégés en exercice :

MM. BALLE	MM. HANOT	MM. PEYROT	MM. REMY
BLANCHARD	HANRIOT	POIRIER, chef	REYNIER
BOUILLY	HUTINEL	des travaux	RIBEMONT-
BRISAUD	JALAGUIER	anatomiques	DESSAIGNES
BRUN	JOFFROY	POUCHET	ROBIN (Albert)
BUDIN	KIRMISSON	QUENU	SCHWARTZ
CAMPENON	LANDOUZY	QUINQUAUD	SEGOND
CHAUFFARD	MAYGRIER	RAYMOND	TROISIER
DEJERINE		RECLUS	VILLEJEAN

Secrétaire de la Faculté : M. Ch. PUPIN.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MON MAITRE M. DE LACAZE-DUTHIERS

Membre de l'Institut

Professeur à la Sorbonne

Commandeur de la Légion d'Honneur

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE :

M. LE PROFESSEUR ARMAND GAUTIER

Membre de l'Institut

A MM. LES PROFESSEURS AGRÉGÉS
TROISIER, BLANCHARD, JALAGUIER

A. M. LE D^r EDOUARD MEYER



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554031_0002

L'ACIDE URIQUE ET LA FONCTION RÉNALE

CHEZ LES INVERTÉBRÉS

INTRODUCTION

L'acide urique est avec l'urée le corps qui tient la place la plus considérable dans l'histoire des produits de la désassimilation des substances azotées. Cette prépondérance est due en partie à l'importance physiologique de ce corps ; mais elle tient aussi à ce fait que l'acide urique présente des réactions tellement nettes que de simples traces suffisent généralement pour le caractériser.

Ces propriétés sont excessivement précieuses chez les animaux inférieurs qui fournissent difficilement des matériaux assez abondants pour être soumis à l'analyse. Chez ces êtres il existe de nombreux organes dont la fonction est encore problématique et qu'à tort ou à raison on assimile souvent à des reins. Or, la présence de l'acide urique suffirait souvent pour les caractériser, et en tous cas, viendrait puissamment en aide aux différentes considérations morphologiques sur lesquelles on se base pour expliquer leur fonction.

D'un autre côté, chez les animaux supérieurs, on discute encore sur la fonction rénale ; le rein qui est chargé du rôle d'émonctoire de l'organisme élabore-t-il une partie des matériaux excrétés aux dépens du sang comme une véritable glande, ou bien fonctionne-t-il comme un appareil de filtration chargé de séparer du liquide sanguin les substances inutiles ou nuisibles qui y préexistent ?

Au point de vue purement scientifique, il s'agit d'approfondir les processus qui président à la désassimilation de notre organisme ; au point de vue médical, il s'agit d'élucider une question physiologique dont la connaissance exacte peut seule servir de base à la pathogénie de la goutte et de l'urémie.

Or, jusqu'à ce jour, ce sont les recherches expérimentales faites sur la sécrétion de l'acide urique chez les animaux, qui semblent appelées à fournir sur ce sujet les données les plus positives, et les travaux de Zalesky, Garrod, Pawlinoff, Minkowski, Chronszczewsky, Colasanti, ont montré que c'était de la physiologie expérimentale que l'on devait attendre la solution du problème.

Ces considérations m'ont conduit à concevoir l'idée d'une étude générale sur l'acide urique, sorte de monographie où auraient été exposés les résultats des auteurs, tant au point de vue zoologique qu'au point de vue physiologique, et où les miens auraient été donnés comme complémentaires. La 1^{re} partie aurait été consacrée à l'étude de l'acide urique et de la fonction rénale chez les Invertébrés ; la 2^{me} aux expériences physiologiques sur les Vertébrés et aux applications que l'on aurait pu en tirer au point de vue de la pathologie.

Mais je ne fus pas longtemps sans m'apercevoir combien la confusion qui régnait sur cette question était grande, et combien il était difficile de se faire une opinion d'après les travaux des autres. Ce ne sont cependant pas les documents qui manquent : il y en a trop ! et mieux eût valu que quelques uns d'entre eux dus plutôt à une vive imagination qu'à une observation consciencieuse, n'eussent jamais vu le jour ! Sur certains points, notamment sur les variations quantitatives de l'acide urique, le dédale des faits devient absolument inextricable.

Donner l'historique de la question dans de telles conditions, discuter les travaux des auteurs, et chercher à tirer des conclusions de leurs résultats contradictoires, il m'a semblé qu'un tel travail serait forcément stérile. D'autre part, recommencer les expériences ou en instituer de nouvelles pour les vérifier eût exigé plusieurs années de travail.

J'ai donc préféré me restreindre et ne traiter pour le moment que la première partie de la question, celle qui a trait à la zoologie. Enfin, bien que l'acide urique soit mon objectif principal dans ce mémoire, je ne me ferai pas faute de donner les détails nécessaires sur d'autres principes chimiques qui, chez certains animaux,

paraissent le remplacer entièrement jouer et un rôle analogue au point de vue de la désassimilation de l'azote.

C'est surtout chez les Invertébrés que la recherche de l'acide urique présente de l'intérêt. Chez eux la signification des organes auxquels on donne la signification d'excréteurs n'est pas toujours bien définie et la présence de cet acide dans une sécrétion offre toujours une grande importance. Chez les Vertébrés la fonction rénale étant toujours déterminée par les rapports anatomiques de l'organe qui en est chargé, la recherche de l'acide urique n'offre guère d'intérêt qu'au point de vue des conditions de sa formation et de ses variations suivant le régime auquel l'animal est soumis; nous sortons alors du domaine de la zoologie pour entrer dans celui de la physiologie.

Nous traiterons donc exclusivement des organes excréteurs des Invertébrés.

Pour aborder cette étude il fallait avoir à sa disposition un nombre d'animaux considérable.

Je me fais un plaisir et un devoir d'adresser ici à mon vénéré maître M. le Professeur de Lacaze-Duthiers mes remerciements les plus sincères pour la libéralité avec laquelle il m'a fait envoyer de ses laboratoires de Roscoff et de Banyuls tous les animaux que je pouvais désirer.

Je prie également M. le Professeur Gautier d'agréer l'expression de toute ma gratitude pour la bienveillance avec laquelle il m'a admis à travailler dans son laboratoire et pour les conseils qu'il n'a cessé de m'y prodiguer.

Le présent mémoire est divisé en huit chapitres. A la fin de chacun d'eux, on trouvera sous le titre, OBSERVATIONS, l'exposé de nos propres recherches sur la classe animale considérée et sous le titre CONCLUSIONS, le résumé des connaissances actuelles sur la question traitée. Les conclusions qui sont considérées comme personnelles sont écrites en caractères italiques.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE⁽¹⁾

I. — Cœlentérés

1. CARUS. — *System du Thier Morphol*, p. 148 (Guanine), 1853.
2. KÖLLIKER. — GEGENBAUR und H. MULLER. *Bericht über einige im Herbst, 1852, in Messina angestellte vergleichend-anatomische Untersuchungen*. Zeit. f. wis. Zool., II, p. 368. (Guanine), 1853.
3. KÖLLIKER. — *Schwimmpolypen von Messina*, 1853 (Guanine).
4. KRUKENBERG. — *Vergleichend-Physiologische Studien*, Abtheil. II; Heidelberg, 1880.
5. BEDOT. — *Sur l'Histologie de la Porpita Mediterranea*. Recueil Zool. Suisse, II; 1884-1885.

II. — Echinodermes

6. CARUS. — (*Loc. cit.*, n° 1), p. 149.
7. SELENKA. — Zeitschr. f. wis. Zool. XVII, p. 297, 1867.
8. MULLER und TROSCHEL. — *Syst. der Asteriden*, p. 132.
9. KRUKENBERG. — (*Loc. cit.*, n° 4), p. 22.

III. — Vers

10. WAGENER. — *Enthelmenthica Ueber eine Distomengattung*, Arch. f. Anat. und Phys. v. Müller. XIX, p. 561 (Guanine ?), 1855.

(1) Cet index est exclusivement réservé aux travaux traitant de la nature des substances excrétées chez les Invertébrés. Le signe + indique que l'acide urique a été signalé par l'auteur mentionné.

11. LEYDIG. — *Ueber den Bau und die Systemat. Stellung der Räderthiere*. Zeit. Wis. Zool. VI, p. 92 (Guanine), 1855.
12. SOMMER (F). — Z. f. Wiss. Zool. 22, p. 515, 1874.
13. + GRIFFITHS (A. B.). — *Researches on the Problematical organs of Invertebrata*. Proc. Roy. Soc. of Edinburg, XIV, p. 230, 1887.
14. + GRIFFITHS (A. B.). — *On the Nephridia of Hirudo medicinalis*, loc. cit., p. 346, 1887.
15. CARL VOGT et YUNG. — *Anat. Comp.* (Hirudinées) p. 337, fig. 155, 1888.

IV. — Crustacés, Arachnides, Myriapodes

16. DAVY (J.). — *Additionnal notice on the urinary excrements of insects with some observations on that of Spiders*. Edimb. new Philosoph. Journal, XL, 1846.
17. WASMANN. — Abh. d. naturw. Vereins zu Hamburg, 1846, (Mygale).
18. DAVY (J.). — *On the temperature of the Spider and on the Urinary excretion of the Scorpion and Centiped*. Loc. cit. XLIV, 1848.
19. GORUP-BESANEZ und Fr. WILL. — Guanin, ein wesentlicher Bestandtheil gewisser Sekrete wirbelloser Thiere. Ann. d. Chem. und Pharm. LXIX, 1849
20. MENGE. — *Ueber die Lebensweise der Afterspinnen* (Phalangida). Dantzig, 1850.
- 20^{bis}. SIEBOLD et STANNIUS. — *Nouv. Manuel Anat. Comp.*, p. 525 1850.
21. HESSLING. — *Histologische Beitrage zur Lehre von der Harnabsonderung*. Iéna, 1851.
22. LEYDIG. — Zeitch. f. Wiss. Zoologie (Larves de Cyclopes), 1854.
23. DAVY. — *On the urinary Secretion of Fishes with some remarks on the secretions in other Classes of animals* (Helix, Scorio.) Transact. of the Roy. Soc. of Edinburgh, XXI, 1857.
24. CLAUS. — *Zur Anat. und Entwick. der Copepoden*. Archiv. f. Naturgeschichte, p. 19. 1858, I.
25. LEYDIG. — *Ueber Haarsack und Kratzmilben*, Archiv. f. Naturges. p. 352, 1859, I.
26. DOHRN. — *Analecta ad historiam naturalem Astaci fluviatilis*. Diss. inaug. Berolini, 1861.

27. LEYDIG. — *Traité d'Histologie*. Paris, p. 389 (note) et p. 525, 1866.
28. + MÉGNIN. — *Note sur la faculté qu'ont certains Acariens de vivre sans nourriture pendant des phases entières de leur existence*. Comptes rendus Ac. Sc., LXXXIII, p. 993, 1876.
29. + PLATEAU (F.). — *Sur les phénomènes de la digestion et sur la structure de l'appareil digestif des Phalangides*. Bulletin Ac. Roy. Sc. de Bruxelles, (2), XLII, 1876.
- 29^{bis} + PLATEAU (F.). — *Recherches sur les phénomènes de la digestion et sur la structure de l'appareil digestif chez les Myriapodes*. Mém. Ac. Roy. Belgique, XLII, 1878.
30. PLATEAU (F.). — *Structure de l'appareil digestif et phénomènes de la digestion chez les Aranéides dipneumones*, Bul. Ac. Roy. Sc. de Bruxelles, (2), XLIV, 1877.
31. KRUKENBERG. — (Loc. cit., n° 4), 1880.
32. BERTKAU. — *Über der Verdauungsapparat der spinnen*. Archiv. f. Mik. Anat., XXIV, p. 398-451.
33. + SZIGETHY. — *Anatomie, Histologie et Physiologie de la glande verte de l'Ecrevisse*. Travaux de l'Inst. zool. de l'Univ. de Budapest. Budapest (en langue hongroise), 1885.
34. + GRIFFITHS (A. B.). — *On the extraction of uric acid crystals from the green glands of Astacus fluviatilis*. Chemical news, 13 mars 1885, p. 121; et Proc. of the R. Soc. XXXVIII, p. 187, 1885.
35. + GIBSON-CARMICHAEL. — *Notes on the Anatomy of Myriapoda*. Proc. Phys. Soc. Edinburgh, VIII, p. 377-381, 1885.
36. SPENCER. — *The Urinary organs of Amphipoda*. Q. J. Micr. Soc., XXV, p. 183-191, 1885.
37. LOMAN. — *Ueber die morphologische Bedeutung der sogenannten Malpighischen gefässen der echten Spinnen*. Tijdschrift. v. de Nederlandsche dierk. Vereeniging (La Haye), 1887.
38. + WEINLAND. — *Notiz über das Vorkommen von Guanin in den Excrementen der Kreuzspinne*. Zeit. Biol. von Kühne, XXV, p. 390-395, 1888.

V. — Insectes

39. + CHAUSSIER. — *Mémoire sur un acide particulier découvert dans le Ver à soie*. Nouv. Mém. de l'Acad. de Dijon, IV, p. 70, 1783.
40. + ROBIQUET. — *Exp. sur les Cantharides*. Ann. de Chimie, LXXVI, 1810.
41. + BRUGNATELLI. — *Osserv. sopra l'assurato d'ammoniaca*. Giornale de fisica, VII, p. 42, 1815.
42. + WURZER. — *Chemische Untersuchung des Stoffes, in den sogenannten Gallengenfässen des Schmetterlings der Seidenraupe*. Meckel's Deutsches Archiv. für die Physiol., IV, 1818.
43. + STRAUS-DURCKEIM. — *Considérations générales sur la classe des Insectes*. Paris, p. 251 (Analyses de Chevreul), 1823.
44. + HENRY et BONASTÈRE. — *Recherches analytiques sur les Charançons du blé*. J. de Pharm., XIII, p. 539, 1827.
45. + JACOBSON. — *Om Bloddyrenes Nyerer og om Urinsyren, som ved dem hos nogle af disse Dyr afsondres*. Das Videnskabernes Selskabs Afhandlinger, III, p. 324, 1820.
46. + MILNE-EDWARDS (H.). — *Observations sur la sécrétion urinaire chez les Insectes*. Ann. Soc. Entomol. de France, Bulletin, p. 64, 1833.
47. + HORNUNG UND BLEY. — *Entomologisch chemische untersuchung des sogenannten Mistkäfers (Blaps obtusa)* Journal f. Prakt. Chemie, VI, p. 257, 1835.
48. + AUDOUIN. — *Lettre concernant des calculs trouvés dans les vaisseaux biliaires d'un Cerf-volant*. Ann. Sc. Nat. (2), V, 1836.
49. + HELLER. — *Harnsäure. ein reichliches Excret der Schmetterlinge*. Archiv f. Chemie und Mikroskopie. Wien, p. 132, 1844.
50. + DAVY (J.). — *Note on the excrement's of Insect's*. Edinburgh new Philosoph. Journal, XL, p. 231, 1846.
51. + DAVY (J.). — (*Loc. cit.*, n° 16), 1846.
52. + KARSTEN. — *Harnorgane des Brachinus complanatus*. Archiv. für Anat. (Müller), 1848.
53. VERLOREN. — *V. d. Hoeven, Zoologie*, I, p. 245 (Acide hippurique), 1850.

54. PÉLIGOT. — *Etudes chimiques et physiologiques sur les Vers à soie*. C. R. Ac. Sc. Paris, XXXIII, p. 491 et XXXIV, p. 278 1851-1852.
55. DAVY (J.). — *Some observations on the excrements of Insects*. Transact. Entom. Soc. (2), III, (Mémoires, p. 18), 1854-1856.
56. + CORNALIA. — *Monografia del Bombice del Gelso (Sericaria mori)*. Mem. dell' R. I. Ist. Lombardo di Scienze, Let. ed Arti, 1856.
57. + FABRE (J. H.). — *Etude sur l'instinct et les métamorphoses des Sphégiens*. Ann. Sc. Nat. (4), VI, p. 168, 1856.
58. SCHLOSSBERGER. — Arch. f. Anatomie und Physiol. p. 61 (Eichenspinnerraupe), 1857.
59. + KÖLLIKER. — *Zur feineren Anatomie der Insekten*; verhandl der Physic. Medicin. Ges. in Würzburg VIII Bd., Heft 2, S. 230. (Leucine dans les tubes de Malpighi), 1857.
- 59^{bis} + BASCH. — *Untersuchungen über das Chylopoetische und epourotische system der Blatta orientalis*. Sitzungsber de l'Acad. de Vienne, XXXIII, 1858 (publié en 1859).
60. + GMELIN. — Handb. der Chemie. Bd. V. (Phyto-u-Zoochemie) p. 426, 1858.
61. + SIRODOT. — *Recherches sur la sécrétion urinaire chez les Insectes*. Ann. Sc. Nat. (4), X, 1859.
62. + SÉGUIN. — *Etudes sur les Vers à soie*. Comptes rendus Ac. Sc. Paris, XLVIII, p. 801, 1859.
63. + MILNE-EDWARDS. — *Leçons sur la Phys. et l'Anat. comp.* V, p. 637; et VII, p. 386 et p. 449, 1862.
64. + FABRE (J. H.) — *Etude sur le rôle du tissu adipeux dans la sécrétion urinaire des Insectes*. Ann. Sc. Nat. (4), XIX, p. 351, 1863.
65. + LEYDIG. — *Traité d'Histologie*. Paris, 1866.
- 65^{bis} + ROBIN ET LABOULBÈNE. — *Appareil lumineux des Cucujas*. C. R. Ac. Sc; LXVII, p. 511, 1873.
66. + PLATEAU. — *Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les Insectes*. Mém. Ac. Roy. de Belgique, in-4°, XLI, 1874.
67. + JOUSSET DE BELLESME. — *Recherches expérimentales sur la digestion des insectes et en particulier de la Blatte*. Paris, 1875.
68. + PLATEAU. — *Note sur les phénomènes de la digestion chez la Blatte américaine*. Bulletin Ac. Roy. de Belgique (2), XLI, n° 6, 1876.
- 68^{bis} LEYDIG. — Archiv. für Mikrosk. Anat. (Max Schultze), p. 538 (guanine), 1876.

69. + SCHINDLER. — *Beitrage zur Kenntniss der Malpighischen Gefässen der Insekten*. Zeitsch. f. wis. Zool., XXX, p. 587-660, 1878.
70. + KRUKENBERG (Loc. cit., n° 4), p. 28-29, 1880.
71. + MAC MUNN. — *Note on a method of obtaining uric acid crystals from the Malpighian tubes of Insects, and from the nephridium of pulmonate Mollusca*. Journ. of Physiol., VII, n° 2, p. 128, 1886.
- 71^{bis} + DUBOIS. (R). — *Les Elatérides lumineux*. Bull. Soc. Zool. de France, XI, p. 258, 1886.
72. HORVATH. — *Die excremente der gallenbewohnenden Aphiden*. Wien. ent. Zeitsch., VI, p. 249, 1887.

VI. — Mollusques

73. + JACOBSON. — (Loc. cit., n° 45), 1820.
(id.). — *Journal de Phys.*, XCXI, p. 318, et *Meckel's Deutsches Archiv*. VI, 1820.
74. + OWEN. — *Lecture on the comparat. anatomy. et Todd's Cyclopædia* 6, art. *Conchifera*, 1836.
75. + GARNER. — *On the anatomy of Lamellibranchiate Conchifera*. Trans. of the Zool. Soc. II, p. 92, 1837.
76. KROHN. — *Ueber das Vorkommen von Entozoen und Krystallablagerungen in den schwammigen venenanhangen der Cephalopoden*. *Frorieps wene Notizen*, II, n° 234, pp. 213-216, 1839.
77. + MECKEL. — *Mikrographie einiger Drüsen apparatus der niedere Thiere* Müller's Archiv. p. 13, 1846.
78. + HARLESS. — *Ueber die Nieren von Sepia... etc.* Archiv für Naturgeschicht, I, pp. 1-8, 1847.
79. WILL et GOMP-BESANEZ. — (Loc. cit., n° 19) et *Gelehrte Anzeigen der bayer. Académie*, n° 233, p. § 828, 22 novembre, 1848.
80. + SIEBOLD et STANNIUS. — *Nouv. Manuel Anat. Comp.*, II, p. 280, 1850.
81. + LACAZE-DUTHIERS. — *Mémoire sur l'organe de Bojanus des Acéphales*. Ann. des Sc. nat., 4^e s., IV, p. 312, 1855.
82. SCHLOSSBERGER. — *Ann. der Chemie und Pharm.*, XCVIII, 3, 1853 ; et *Concremente aus dem Bojanusschen organ.* Müller's Archiv., p. 540, 1856.
83. + LACAZE-DUTHIERS. — *Histoire anatomique et physiologique du Pleurobranche orangé*. Ann. Sc. nat. (4), XI, 1859.

- 84. + VOÏT. — *Anhaltspunkte für die Physiologie der Perlmuschel.* Zeitsch. f. Wis. Zool., X, 1860.
- 85. + BERT (P.). — *Mémoire sur la physiologie de la Seiche.* Mémoires de la Société des Sc. Phys. et Nat. de Bordeaux, V, 1867.
- 86. GRIESBACH. — Arch. f. Naturg. Jahrg., p. 92, 1877.
- 87. FRÉDÉRICQ (L.). — *Sur l'organisation et la physiologie du Poulpe.* Bullet. Ac. Roy. de Belgique (2), XLVI, n° 11, 1878.
- 88. + KRUKENBERG (*Loc. cit.*, n° 4), p. 23-27, 1880.
- 89. + BARFURTH. — *Die Excretionsorgane von Cyclostoma elegans.* Zool. Anz., p. 474, 1884.
- 90. LETELLIER. — *Etude sur la fonction urinaire chez les Mollusques Acéphales.* Thèses de la Faculté des Sciences, 1887.
- 91. + GRIFFITHS (A. B.). — *Researches on the problematical organs of the Cephalopoda, Gasteropoda, Lamellibranchiata, Crustacea, Insecta, and Oligocheta.* Proceed. of the R. Soc. of Edinburgh, 14 May, 1887.
- 92. + GRIFFITHS (A. B.). — *On the Nephridia of Patella vulgata.* Proceed. of the Roy. Soc. XLII, p. 392-394. Extrait dans Journal of Chemical Society abstracts, p. 178, février 1888.

VII. — Tuniciers

- 93. + LACAZE-DUTHIERS. — *Ascidies des côtes de France.* Archives de Zoologie expérimentale, 1874.
 - 94. + KUPFFER. — Archiv. f. Mikr. Anat., VIII, p. 379.
 - 95. + KRUKENBERG (*Loc. cit.*, n° 4), p. 22, 1880.
-

RENSEIGNEMENTS RELATIFS A LA TECHNIQUE DE L'ACIDE URIQUE ($C^5H^4Az^4O^3$)

1° Cristaux de l'Acide Urique

On en trouvera des figures dans :

(a) ROBIN et VERDEIL. — *Traité de Chimie anatomique*. Atlas : pl. XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, 1853.

(b) NEUBAUER et VOGEL. — *Analyse des Urines*.

(c) OTTO FÜNKE. — *Atlas der Physiologischen Chemie*, 1858.

(d) GOLDING BIRD. — *De l'Urine et des Dépôts urinaires*, p. 150 et suiv. fig. 48 à 74.

(e) SIRODOT (*Loc. cit.*, n° 61), chez les Insectes.

(f) PLATEAU (*Loc. cit.*, n° 66), chez les Insectes.

(g) SCHINDLER (*Loc. cit.*, n° 69), chez les Insectes.

Pour obtenir les cristaux d'acide urique avec les organes des Invertébrés, on pourra faire usage des procédés suivants :

Procédé de SIRODOT (61) pour les tubes de Malpighi des Insectes.

— On enlève dans une dissection rapide qu'il faut éviter de faire sous l'eau une certaine quantité de tubes de Malpighi, on broie avec un peu d'eau dans le creux d'une lame de verre à concavité, on ajoute une petite goutte d'acide acétique et l'on couvre d'une lamelle de verre.

Procédé de MAC MUNN (71). — On traite par l'eau bouillante les organes où on suppose l'existence d'urates ; l'extrait est évaporé à siccité : le résidu est lavé par de l'alcool absolu bouillant, puis repris par de l'eau bouillante et filtré à chaud ; au filtratum on ajoute un excès d'acide acétique.

2° Réactions de l'Acide Urique

(a) **Réaction de la Murexide.** — On traite la substance à essayer par une goutte d'acide azotique modérément concentré, on évapore à siccité avec précaution ; s'il s'agit d'acide urique, au moment où l'on chauffe il se produit une vive effervescence et la substance se dissout.

Il reste un résidu jaune qui, par l'addition d'une trace d'ammoniaque et en chauffant légèrement, prend une belle couleur rouge carmin (*murexide* ou *purpurate d'ammoniaque*). Il faut avoir soin de ne pas mettre un excès d'ammoniaque, car la réaction n'aurait pas lieu ; en ajoutant de l'eau, la teinte devient souvent plus franche.

Plateau (66) indique le procédé suivant, applicable lorsque l'on a affaire à des traces d'acide urique, par exemple pour les tubes de Malpighi des Insectes :

On broie les tubes de Malpighi dans un verre de montre avec une petite goutte d'acide nitrique, on fait évaporer ensuite au-dessus d'une flamme, en tenant le verre de montre entre les doigts, de manière à éviter ainsi une température trop élevée, et on pousse l'évaporation jusqu'à ce que le résidu soit complètement sec ; on laisse refroidir ; puis on retourne le verre de montre, comme un couvercle, au-dessus d'un verre identique contenant une goutte d'ammoniaque, que l'on chauffe légèrement à son tour. La couleur rouge de la murexide doit apparaître aussitôt par points et par taches disséminés sur un fond jaune.

On arrive à un résultat semblable en approchant du résidu jaune azotique une baguette de verre humectée avec de l'ammoniaque et en soufflant sur les vapeurs ammoniacales, de manière à les diriger sur le résidu (Gorup-Besanez — *Analyse zoochimique*, p. 184).

(b) On laisse refroidir, et on ajoute au résidu rouge pourpre de la réaction précédente un peu de lessive de potasse qui transforme le rouge en bleu-pourpre (Gorup-Besanez, *loc. cit.*).

Si, au lieu de traiter le résidu par l'ammoniaque, on y ajoute immédiatement de la lessive de potasse, ou de soude, on obtient une magnifique dissolution d'un violet pourpre qui, cependant, lorsqu'on chauffe, devient plus pâle, et qui, enfin, avant que le liquide soit tout-à-fait évaporé, perd tout-à-fait sa belle couleur (Neubauer et Vogel, *loc. cit.*).

(c) Si l'on dissout un peu d'acide urique dans une quantité aussi faible que possible d'un carbonate alcalin, et si l'on humecte avec cette dissolution du papier à filtrer blanc, sur lequel on a préalablement déposé une solution d'azotate d'argent, il se produit immédiatement sur le papier une tache brun foncé, due à la réduction de l'oxyde d'argent (Réaction très sensible de Schiff).

(d) On place un peu d'acide urique dans une petite capsule de porcelaine avec deux gouttes d'eau et une ou deux gouttes d'acide nitrique ; on évapore doucement à siccité ; le résidu jaune ou légèrement rougeâtre est dissous dans deux ou trois gouttes d'acide sulfurique concentré, et en ajoutant de la benzine commerciale, une superbe coloration bleue apparaît (DENIGÈS, *J. Pharm.* (5), XVIII, p. 161-162).

3° Dosage de l'Acide Urique

On trouvera des indications bibliographiques sur le dosage de l'acide urique dans Milne-Edwards (*Leçons sur l'Anatomie et la Physiol.*, p. 405), dans Neubauer et Vogel (*loc. cit.*), etc.

ZABELIN donne pour correction relative à l'acide urique restant en dissolution dans les eaux de lavage 0,0046 par 100 c.c. d'eau de lavage (*Ann. d. Ch. und Ph.*, 1863, suppl. II, p. 313).

HEINTZ dit qu'il y a une erreur en plus dans le procédé de Zabelin à cause des matières colorantes de l'urine qui compensent à peu près l'acide

urique dissous ; il propose de ne laver qu'avec 30^{c.c.} ; ou si l'on emploie une quantité supérieure d'eau de lavage, d'ajouter 0,0045 par 100^{c.cubes} (*Ann. der Chem. und Ph.*, CXXX, p. 179, nouv. série, t. LIV, Mai 1864).

SALKOWSKI trouve que le précipité donné par l'acide chlorhydrique est très inférieur à l'acide urique total ; il achève la précipitation par l'azotate d'argent, après avoir sursaturé par l'ammoniaque (*Zeitschrift. f. analyt. Chem.*, VII, p. 516, *Virchow's Archiv*, t. LXVIII, et *Berichte d. Chem. Gesellschaft*, t. V, p. 410).

SCHWANERT a constaté que l'on compense la solubilité de l'acide urique dans l'eau acidulée d'HCl en ajoutant 0,0048 par 100^{c.c.} de liquide ; ce nombre représente en effet la solubilité de l'acide urique dans l'urine acidulée telle que l'a établie Zabelin. (*D. Chem. Ges.*, V, p. 316, 1872-7).

MALY confirme les résultats de Salkowski et dit que le précipité obtenu est un urate double d'argent et d'une autre base telle que KO, NaO, etc. (*Jahresb. u. d. Fortsch. der Thierchemie*, II, p. 178) (1).

MAGNIER DE LA SOURCE. — Dosage par l'Hypobromite de soude (*Bulletin de la Société chimique de Paris*, 1874, XXI, p. 292).

FOKKER. — Méthode fondée sur l'insolubilité relative de l'urate acide d'ammoniaque (*Bulletin de la Société chimique de Paris*, 1876, XXV, p. 475 ; et *Archiv von Pflügger*, 1875).

ESBACH. — Des procédés de dosage de l'acide urique (*Bulletin général de Thérapeutique*, XCIII, p. 358).

COIGNARD. — Dosage de l'acide urique dans l'urine comme élément de diagnostic et d'indication thérapeutique (*Journal de Thérapeutique*, 1880, p. 3-8).

LUDWIG. — *Eine methode zur quantit. Bestimmung der Harnsäure* (Wien med. Jahrb., 1884).

HAYCRAFT. — Méthode par l'argent : donne un résultat trop fort à cause de la précipitation des produits xanthiques ; modification ; (*Brit. Med. Journal*, II, 1885, p. 1100).

HERMANN. — *Ueber die Haycraftsche methode der Harnsäure bestimmung in Harne* (*Zeitsch. fur Ph. Chem. Hoppe-Seyler.*, XII, Bd. 64, 1888, p. 496).

CZAPEK. — *Eine methode zur maasanalytisch. b. der Harnsäure im Harne* (Ibidem, p. 502).

(1) Les résumés précédents sont faits d'après le *Bulletin de la Société chimique de Paris*.

CHAPITRE I^{er}

SPONGIAIRES, COÉLENTÉRÉS, ECHINODERMES

L'acide urique a été recherché chez les Spongiaires par Krukenberg (4). Mais cet auteur n'a pu en trouver trace chez les éponges sur lesquelles portèrent ses expériences (*Myxilla fasciculata*, *Tethya Lynceureum* et *Euspongia adriatica*).

L'acide urique n'a pas été signalé chez les Cœlentérés. Krukenberg (4) l'a recherché sans succès dans les filaments mésentériques des Actinies, (*Actinia mesembryanthemum*, *Sagartia troglodytes* et *Cerianthus*). Mais on a à diverses reprises parlé de la guanine : Carus (1) aurait rencontré cette substance dans les filaments mésentériques des actinies, et pour cette raison il assimilait ces organes à des reins. Toutefois les réactions sur lesquelles il se base pour déterminer cette substance sont trop infidèles pour que l'on puisse rien affirmer à cet égard.

Chez la *Porpita*, parmi les Siphonophores, Kölliker (3) a décrit comme rein un organe particulier placé au-dessous du foie et se présentant sous la forme d'une plaque blanche ; cet organe contient de nombreuses granulations et des cristaux qui, d'après la figure donnée par cet auteur, ressemblent à ceux de l'acide urique ; mais il n'y a qu'une analogie de forme ; ils se dissolvent facilement et sans effervescence dans les acides minéraux, ils sont insolubles dans l'eau, l'alcool et l'éther, mais se dissolvent dans les alcalis caustiques : ils brûlent sur la lame de platine. Chauffés avec de l'acide azotique, ils donnent un résidu couleur jaune citron, qui par l'ammoniaque devient orangé ; la solution chlorhydrique diluée laisse déposer de très beaux cristaux semblables à ceux du chlorhydrate de guanine, et l'ammoniaque précipite de la solution les cristaux primitifs. Kölliker pense que les réactions qui précèdent suffisent pour affirmer l'existence de la guanine chez les *Porpita*. Toutefois la nature cristalline des concrétions et la forme des cristaux semblent laisser quelque doute sur ce point, et il serait plus prudent de dire simplement qu'il s'agit d'un corps de la série xanthique, peut-être de la guanine.

Bedot (5) a démontré récemment que les cristaux en question n'existent pas seulement dans la plaque blanchâtre, mais encore dans les canaux qui traversent l'*organe central* jusqu'ici désigné sous le nom de foie : s'il est vrai que les cristaux précédents indiquent la fonction rénale de l'organe où on les rencontre, il faut donc en conclure d'après Bedot que ce sont les canaux traversant l'organe central qui jouent le rôle de rein chez les Porpites.

Chez les Echinodermes nous ne savons rien sur la chimie physiologique des organes excréteurs. Carus (6) aurait trouvé un corps ayant les réactions de la guanine dans les utricules anaux des Astéries et dans l'organe de Cuvier des Holothuries. Selenka (7) a reconnu l'absence d'acide urique dans les organes du Cuvier des Holothuries. Krukenberg (4) a recherché l'acide urique dans le foie (dépendances radiaires de l'intestin) d'*Ophioglypha tecturata*, et dans le foie, l'intestin et les culs de sac interradiaires, d'*Astropecten aurantiacus* ; mais il n'a pu en découvrir. Muller et Troschel (8) avaient déjà obtenu des résultats négatifs analogues chez les Astéries.

CONCLUSIONS

(a). — L'acide urique a été recherché chez les Spongiaires, les Cœlentérés et les Echinodermes, mais les résultats ont toujours été négatifs.

(b). — On a trouvé des corps xanthiques voisins de la guanine chez les Cœlentérés et chez les Echinodermes.

CHAPITRE II

VERS

Il n'y a pas de groupe où l'étude de la chimie physiologique des organes excréteurs soit aussi importante que les Vers. Il s'agit, en effet, de déterminer la fonction des organes segmentaires qui constituent le trait le plus saillant de l'organisation des Vers, et dont la signification a une importance capitale au point de vue des affinités qui relient les différentes classes.

Toutefois les recherches ont été peu nombreuses, ce qui s'explique facilement par la petitesse des organes excréteurs et par leur répartition sur toute la longueur de l'animal. Peu d'auteurs ont donc tenté de reconnaître la nature chimique des principes excrétés.

Wagener (10) isola les « sacs blancs » des organes excréteurs du *Distomus hystrix*, parasite du *Merlangus carbonarius* et les confia à Lieberkühn pour en faire l'analyse ; celui-ci, en les traitant par l'ammoniaque dilué, obtint une solution qui, évaporée à siccité et traitée par l'acide azotique et l'ammoniaque, ne donna pas la réaction de la murexide, mais une réaction analogue à celle de la guanine.

D'après Sommer (12) (1) l'analyse permet de démontrer dans les canaux excréteurs des Cestodes, l'existence de substances voisines de la xanthine et de la guanine.

Leydig (11) a observé chez les larves de différents Rotifères (*Lacynularia*, *Floscularia*, etc.) des organes glandulaires particuliers situés à l'extrémité postérieure du canal digestif et sécrétant une substance blanche qui remplit la portion rectale de l'intestin et qu'il compare au meconium qui s'accumule dans l'intestin pendant le sommeil (2) de la chrysalide des Insectes.

Toutes ces notions, on le voit, sont assez vagues et les travaux qui ont été faits sur les autres familles et notamment sur les annélides

(1) Voir C. Vogt et Yung. *Traité d'Anatomie comparée pratique*, 1888.

(2) Voir Leydig. *Loc. cit.* et Gegenbaur. *Traité d'Anatomie comparée*, p. 214.

ne donnent pas de résultats beaucoup plus précis. Chez les Hirudinées, les organes segmentaires renferment dans la portion dilatée en ampoule une substance gélatineuse et blanchâtre qui, examinée au microscope, présente de nombreux globules et de fins cristaux que C. Vogt et Yung (15) ont décrits et figurés. Enfin Griffiths (13,14) en examinant chimiquement les organes segmentaires de la Sangsue commune et du Ver de terre aurait reconnu la présence de l'acide urique.

Les méthodes suivies par cet auteur pour la Sangsue sont textuellement les suivantes.

« (a) Le liquide clair des nephridia fut traité par une solution chaude de soude diluée, et alors en ajoutant de l'acide chlorhydrique un léger précipité floconneux fut obtenu après quelques heures de repos. Ces flocons apparurent sous le microscope, comme formés de différentes formes cristallines. En traitant ces cristaux par l'acide nitrique et chauffant doucement avec de l'ammoniaque, la couleur rouge de la murexide fut produite, et celle-ci se montra cristallisée en prismes à quatre faces. La sécrétion même étant traitée par l'alcool, il se déposa des cristaux rhombiques. Suivant la réaction du Dr Schiff pour l'acide urique, ces cristaux furent dissous dans une goutte ou deux de carbonate de soude et la solution fut alors versée sur un morceau de papier à filtrer, humecté d'une solution d'azotate d'argent : une tâche brun foncé d'argent métallique fut obtenue ».

« (b) Le procédé suivant fut aussi appliqué : Au liquide sécrété par les nephridia de la Sangsue, de l'eau distillée bouillante fut ajoutée, et le tout fut évaporé soigneusement à siccité. Le résidu ainsi obtenu fut traité par l'alcool absolu et filtré. De l'eau bouillante fut versé sur le résidu, et de l'acide acétique en excès ajouté au filtratum. Après plusieurs heures de repos, des cristaux d'acide urique firent leur apparition et furent aisément reconnus par les épreuves chimiques et microscopiques mentionnées plus haut ».

Les résultats précédents paraissent tellement nets qu'ils semblent laisser peu de place au doute ; on désirerait toutefois un peu plus de détails sur la façon de se procurer la sécrétion des organes segmentaires ; car chaque vésicule contient à peine une goutte, et ce ne serait pas un petit travail que de se procurer les matériaux suffisants pour une étude semblable à celle dont parle Griffiths. En outre on se demande ce que l'auteur veut dire par le liquide clair des nephridia ; rien, en effet, n'est plus trouble et gélatineux que ce

liquide qui tient en suspension de nombreuses granulations blanches et des groupes de fins cristaux que l'auteur semble complètement ignorer. De plus, si le liquide est clair, on ne voit pas bien à quoi peut servir cette dissolution de soude chaude qui ne peut avoir pour but que de dissoudre des urates ; le fait d'avoir obtenu la murexide assez pure et en quantité suffisante pour l'avoir cristallisée en prismes à quatre faces n'est pas non plus sans laisser quelque doute dans l'esprit : enfin, on serait reconnaissant à l'auteur, de dire par quels moyens il a trouvé que c'était l'anse externe des organes segmentaires du Ver de terre qui sécrétait la plus grande quantité d'acide urique.

J'ai donc pensé que quelques nouvelles recherches sur ce point ne seraient pas inutiles.

OBSERVATIONS

Si l'on retire par ponction à l'aide d'une fine canule de verre étirée à la lampe le liquide contenu dans les organes segmentaires d'une Sangsue (*Hirudo medicinalis*), et qu'on évapore sur une lame de verre les quelques gouttes troubles et chargées de granules blanchâtres que l'on arrive ainsi à recueillir, on obtient un résidu, qui traité successivement par l'acide azotique et l'ammoniaque ne donne pas la réaction de la murexide. Il se développe seulement une teinte orangée; cette teinte existant pour un très grand nombre de substances, il n'y a pas lieu de nous en préoccuper.

Si l'on observe sous le microscope la matière blanche que tient en suspension le liquide des organes segmentaires, on voit une multitude de granules réfringents et des petites aiguilles extrêmement fines qui sont enchevêtrées les unes dans les autres ou groupées autour d'un noyau central. Ces cristaux sont très pâles et pour bien les voir, il faut faire usage d'un grossissement de 400 diamètres environ et employer la lumière oblique ; ils sont assez comparables aux cristaux de leucine que Gorup-Besanez a figurés (1) ils sont insolubles dans l'eau froide, dans l'alcool froid et dans l'ammoniaque. L'addition d'acide acétique sous la lamelle couvre-objet ne fait pas apparaître de nouveaux cristaux.

(1) Gorup-Besanez. *Traité d'Analyse zoochimique*, page 229 ; angle supérieur droit de la fig. 81.

Après ces essais préliminaires, il fallait se procurer une quantité de substance suffisante pour la recherche de l'acide urique.

Pour y parvenir, il fallait isoler un nombre assez considérable d'organes segmentaires. Or, la dissection successive de ces organes est extrêmement longue ; chaque Sangsue, en effet, ne possède pas moins de trente-quatre organes segmentaires, et chacun d'eux adhère assez intimement aux parties voisines. Je ne crois donc pas inutile de donner un procédé plus rapide pour arriver au même but.

La sangsue étant tuée par le chloroforme est fixée sur le fond de liège d'une cuvette à dissection ; d'un coup de ciseau la peau est fendue sur la ligne médiane dorsale, en même temps que le tube digestif dans toute sa longueur ; les lambeaux ainsi obtenus sont rabattus et fixés avec des épingles ; puis les culs de sac du tube digestif, lavés à l'aide d'une seringue à injection ; la paroi inférieure du tube digestif qui recouvre les organes segmentaires est ensuite enlevée par lambeaux avec des pinces ; cette partie de l'opération est la plus longue et la plus délicate, car il y a de nombreuses adhérences avec les organes segmentaires ; une fois que ceux-ci sont mis à nu, on détache alors du même coup tous les organes segmentaires d'un côté, en découpant avec les ciseaux une étroite bande comprenant toute la paroi du corps. On fait de même pour l'autre côté, et on obtient ainsi deux longs rubans de peau, allant d'une extrémité à l'autre de l'animal et présentant, appendue sur la paroi interne, toute la série des organes segmentaires. Ces rubans sont alors portés dans une petite cuvette à peine excavée ; et tenant une des extrémités avec une pince, on enlève par râclage avec un scalpel, toute la partie molle qui comprend les organes segmentaires et qui se sépare ainsi facilement de la peau dure et coriace.

J'ai recueilli ainsi les organes segmentaires d'une vingtaine de Sangsues ; parmi les individus examinés, les uns avaient le tube digestif vide, les autres étaient gorgés de sang. Les organes segmentaires ont été broyés dans un mortier avec du verre pilé et épuisés à plusieurs reprises avec de l'eau bouillante ; le liquide trouble passé à travers un linge fut ensuite évaporé au bain-marie à siccité et le résidu lavé à l'alcool ; l'extract alcoolique ainsi obtenu fut mis de côté pour être examiné plus tard.

La partie insoluble dans l'alcool fut reprise par une solution faible de potasse ; la liqueur potassique fut filtrée et additionnée d'acide chlorhydrique ; or, même en attendant plusieurs jours, je ne

vis se former qu'un très faible précipité qui, examiné au microscope était complètement amorphe et était dû vraisemblablement à des albuminoïdes; il ne donnait pas la réaction de la murexide. La liqueur chlorhydrique fut alors évaporée doucement à siccité, et le résidu, lavé avec un peu d'eau froide pour enlever le chlorure de potassium, fut examiné au microscope et ne montra que des granulations absolument amorphes; il fut alors traité par l'acide azotique et l'ammoniaque et ne donna pas la réaction de la murexide. Il n'y a donc pas d'acide urique dans les organes segmentaires de la Sangsue.

L'extrait alcoolique avait une réaction franchement alcaline; cette alcalinité ne pouvait être due à aucun réactif, l'eau et l'alcool ayant été seulement employés; il avait en outre une très forte odeur de saumure de hareng indiquant sans doute la présence de *Triméthylamine* ou d'un corps voisin. Si on reprend l'extrait alcoolique sec par l'eau, l'eau devient alcaline et l'évaporation de cette eau donne un résidu présentant des cristaux en forme d'étoiles et de feuilles de fougères; la solution aqueuse précédente étant légèrement acidulée avec l'acide chlorhydrique précipite abondamment par le réactif de Bouchardat (iodure de potassium ioduré). En additionnant de chlorure de platine la même solution on obtient un faible précipité formé de petits octaèdres et qui est probablement du chloroplatinate d'ammoniaque et de triméthylamine; ce précipité est séparé par filtration et la liqueur claire est évaporée spontanément sur un verre de montre; au bout d'un ou deux jours on obtient un superbe chloroplatinate jaune, cristallisant en belles aiguilles et en prismes obliques à angles parfaitement définis; ces cristaux polarisent vivement la lumière et prennent alors les couleurs les plus variées.

Les réactions précédentes suffisent pour indiquer dans l'extrait alcoolique la présence d'un *alcaloïde*, qui, d'après M. Gautier, dont on connaît la haute compétence sur ce sujet, doit être rapporté au groupe des *leucomaines*.

Je n'ai pas fait l'examen chimique des organes segmentaires du Ver de terre, mais il est probable qu'ils ne contiennent pas plus d'acide urique que ceux de la Sangsue.

CONCLUSIONS

(a). — Des substances analogues à la Guanine ou à la Xanthine ont été signalées chez les Trématodes et les Cestodes.

(b). — L'acide urique a été signalé dans les organes segmentaires chez la Sangsue et le Ver de terre, *mais il n'existe pas en réalité chez la première, et il est probable qu'il en est de même chez le second.*

(c). — *Les organes segmentaires de la Sangsue renferment un alcaloïde; peut-être de la leucine et de la triméthylamine.*

CHAPITRE III

CRUSTACÉS

Les organes excréteurs des Crustacés sont constitués par deux glandes désignées sous le nom de glandes vertes et qui débouchent habituellement par deux pores en avant du péristôme à la base des antennes. On a longtemps discuté sur le rôle de ces organes ; et Leydig, en raison de considérations morphologiques particulières, se refusait à y voir des organes rénaux. Pour lui les cœcums du tube digestif devaient comme chez les Insectes être chargés de cette fonction.

Il est juste de dire que la position des orifices débouchant en avant de la bouche paraît assez singulière pour des orifices urinaires, et l'on comprend assez bien l'erreur de Milne Edwards qui pensait y voir des organes d'audition. Toutefois les travaux de Neuwyler, Hæckel, Huxley, Lemoine, Grobben, Szigethy, Rawitz ont montré que la structure et l'anatomie de l'appareil en question répondaient à un appareil d'excrétion.

Dans une note précédente (1), j'ai moi-même démontré le fonctionnement de l'appareil excréteur chez le Crabe-araignée (*Maia Squinado*). Il restait toutefois un point des plus intéressants à élucider au point de vue du rôle de l'organe qui nous occupe. Quels étaient les caractères de la sécrétion ? De l'azote était-il éliminé par cette voie et sous quelle forme était-il éliminé ?

Gorup-Besanez (19) dit bien avoir trouvé dans la glande verte de l'Ecrevisse une substance qui présente les réactions de la guanine. Toutefois, dit l'auteur, les matériaux étaient insuffisants pour faire des expériences décisives. D'après Dohrn (26) il s'agirait non de guanine, mais d'un corps analogue à la tyrosine. De plus, ces expériences ayant été faites sur la glande, et non sur le liquide d'excrétion, on ne peut savoir si les substances trouvées étaient

(1) *Sur l'Excrétion chez les Crustacés Décapodes Macroures*. Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 5 décembre 1887.

destinées à être éliminées par cette voie ; la tyrosine, par exemple, a été trouvée un peu partout chez les animaux inférieurs.

Szigethy (33) décrit des cristaux qu'il a trouvés en évaporant le suc des glandes, et bien que d'après les dessins qu'il en a fait, ils ne ressemblent que de fort loin à ceux de l'acide urique, leur forme seule sans aucune autre réaction suffit à l'auteur pour affirmer la présence de ce corps dans la sécrétion de l'Ecrevisse. Bien plus, l'auteur localise la sécrétion de l'acide urique dans une partie de la glande, parce que cette partie se colore moins vivement par le carmin, ce qui a lieu lorsque les tissus sont imbibés d'un acide ; des raisons aussi peu sérieuses que les précédentes conduisent le même auteur à admettre la présence de l'urée dans la sécrétion de l'Ecrevisse ; nous ne nous y arrêterons pas davantage.

La même année, Griffiths (34) publiait une analyse de la sécrétion de la glande verte de l'Ecrevisse.

L'auteur ne donne pas de détails et ne dit pas s'il s'agit de la sécrétion proprement dite, ou d'un extrait aqueux des organes.

D'après lui la sécrétion est acide, et « en traitant par une solution de soude chaude, puis par de l'acide chlorhydrique, un léger précipité floconneux est obtenu. En examinant les flocons sous le microscope on voit qu'ils se composent de petits cristaux rhombiques : Ces cristaux se précipitent par l'alcool et sont solubles dans l'eau bouillante. Si on les humecte avec de l'acide nitrique dilué, de l'alloxanthine se produit, et en chauffant doucement avec de l'ammoniaque, on obtient de la murexie d'un beau rouge pourpre, ou purpurate d'ammoniaque de Prout. La murexie ainsi obtenue cristallise en prismes qui, par la lumière réfléchie font voir un splendide reflet vert métallique, et qui, par la lumière transmise, sont d'un rouge pourpre foncé. » Ainsi rien ne manque pour caractériser l'acide urique, et pourtant comme on le verra plus loin, nos recherches ne confirment pas ce résultat.

La glande verte n'était pas le seul organe où l'on pût rechercher l'acide urique. Krukenberg (31) l'a recherché dans les excréments des Crustacés (*Oniscus Asellus*) et dans le foie d'un grand nombre de ces animaux (*Pagurus maculatus*, *Eriphia Spinifrons*, *Maia squinado* et *verrucosa*, *Homarus vulgaris*), mais il n'a jamais obtenu la réaction de la murexide. Spencer et W. Badwin (36) ont recherché également l'acide urique sans succès chez les Amphipodes (*Gammarus*, *Talitrus*).

OBSERVATIONS

Deux méthodes ont été suivies pour la recherche de l'acide urique dans les organes d'excrétion de l'Écrevisse.

La première consistait à ponctionner les deux vessies et à en retirer le liquide clair qui y est renfermé; ce liquide était ensuite soumis à l'analyse.

La 2^e consistait à extraire sur les mêmes animaux les deux glandes vertes avec les vessies attenantes déjà ponctionnées et ensuite à en faire des extraits pour les analyses. Ni l'une ni l'autre de ces méthodes ne m'a permis de décèler la moindre trace d'acide urique; mais l'affirmation contraire de Griffiths m'oblige à donner quelques détails.

La première expérience que j'aie faite portait sur vingt-quatre Écrevisses achetées sur le marché de Paris.

Le manuel opératoire qui m'a paru le plus commode et le plus rapide est le suivant :

Le céphalothorax est coupé transversalement avec de forts ciseaux un peu en avant du sillon cervical; on écarte alors les deux fragments en coupant avec des ciseaux les tissus mous qui les tiennent réunis, mais en évitant de perforer l'intestin; on écarte les lobes du foie qui se portent de chaque côté de l'estomac, et on voit alors bomber de chaque côté de cet organe une vessie transparente et plus ou moins pleine de liquide; on ponctionne alors chacune de ces vessies par sa face postérieure avec une fine canule de verre étirée à lampe et on aspire le liquide qu'elle contient.

La quantité de liquide extraite par ponction de la vessie sur les 24 animaux fut environ de 4 centimètres cubes; il faut dire que cette proportion est inférieure à la réalité, car il y a toujours pendant l'opération précédente une certaine quantité de liquide perdue. S'il n'y a pas de sang mélangé avec l'urine, ce que l'on peut éviter assez facilement, l'urine est claire et à peu près incolore. En ajoutant de l'acide chlorhydrique, au lieu d'obtenir un léger précipité floconneux se composant de petits cristaux rhomboédriques (Griffiths) le liquide reste clair, même en attendant plusieurs jours. Le mélange de sang à l'urine pourrait être dans certains cas une

cause d'erreur ; dans le cas où ce mélange existerait, il suffirait de coaguler le liquide par l'ébullition et de filtrer bouillant ; après cette opération qui élimine les albuminoïdes, l'addition d'acide chlorhydrique ne fera apparaître qu'un simple louche. La sécrétion traitée ainsi par l'acide chlorhydrique est évaporée à siccité, et le résidu lavé à l'alcool absolu ; une goutte d'acide azotique est ajoutée, mais il n'y a pas d'effervescence même en chauffant ; un léger liseré jaune apparaît, mais les vapeurs d'ammoniaque ou l'addition d'une goutte de ce réactif ne font apparaître aucune trace de murexide : la teinte jaune vire à l'orangé par l'addition d'une goutte de potasse.

De ces deux expériences nous pourrions déjà conclure qu'il n'y a pas d'acide urique dans l'excrétion qui s'est accumulée dans la vessie, et que, par suite, la glande elle-même ne doit pas en contenir. Mais il nous a paru préférable de recourir à une seconde méthode.

Les quarante-huit glandes vertes des vingt-quatre Ecrevisses précédentes furent mises dans un petit mortier de verre, avec du verre pilé, et broyées de façon à former une bouillie ; cette bouillie fut ensuite délayée dans une grande quantité d'eau bouillante et passée à travers un linge fin. Le liquide trouble fut évaporé à siccité, le résidu sec lavé à l'alcool absolu, et repris par une quantité d'eau bouillante considérable ; la liqueur trouble fut alors filtrée bouillante, et le filtratum traité par l'acide chlorhydrique. Un léger louche se produisit dû sans doute à des substances albuminoïdes ; mais pas le moindre précipité d'acide urique, même en attendant plusieurs jours, ou en concentrant la liqueur à un petit volume.

Or, les résultats que Griffiths prétend avoir obtenus sur la présence de l'acide urique sont tellement positifs, et les réactions qu'il dit avoir constatées sont tellement nettes, qu'il ne pourrait évidemment pas s'agir de traces d'acide urique, mais, d'une quantité de cette substance relativement considérable. Il est facile avec une trace d'acide urique d'obtenir la couleur rouge de la murexide ; mais pour avoir cette même substance « cristallisée en prismes qui, par la lumière réfléchie, donnent un splendide reflet vert métallique, et par la lumière transmise une couleur pourpre foncé, » on ne contestera pas qu'il faille une quantité notable d'acide urique, surtout si l'on songe que ce corps précipité dans ces conditions est toujours impur.

Ces considérations me firent penser que les Ecrevisses de Griffiths pouvaient être dans d'autres conditions que les miennes ; peut-être

cet auteur avait-il eu à sa disposition des Écrevisses en plein acte de digestion ; les miennes achetées à la Halle devaient être à jeun depuis longtemps.

Je résolus donc de faire une seconde expérience. Vingt-huit Écrevisses furent mises dans l'eau courante, et de la viande leur fut donnée à satiété pendant trois jours entiers.

Au bout de ce temps elles furent sacrifiées et traitées par les deux méthodes déjà exposées pour la première expérience : leur estomac et leur intestin étaient gorgés de nourriture. Néanmoins je n'eus pas la moindre trace d'acide urique (1).

La faible quantité de substance dont je disposais, ne m'a guère permis de rechercher d'autres corps que l'acide urique chez l'Écrevisse.

Après avoir évaporé à sec l'urine acidulée avec de l'acide chlorhydrique et repris le résidu par l'alcool absolu, j'ai obtenu en évaporant l'extrait alcoolique des cristaux se présentant sous les formes de prismes à bases rhombes lorsque l'évaporation est lente, et en arborisations plus ou moins confuses lorsque l'évaporation est rapide ; ces cristaux sont très solubles dans l'eau, dans l'alcool et dans l'éther ; ils ont une réaction franchement acide, et m'ont paru brûler en partie sur la lame de platine.

Enfin, la réaction jaune orangée que prend le résidu sec de l'urine par l'action de l'acide azotique et de la potasse, permet de supposer, ainsi que l'indique Gorup-Besanez, des produits analogues aux corps xanthiques dans le liquide excrémentiel de l'Écrevisse.

Avant d'aborder cette étude chez l'*Astacus fluviatilis*, j'avais déjà

(1) Dans la crainte qu'il n'y eût de l'acide urique ou des urates non dissous par l'eau bouillante, ce qui était bien improbable, étant donnée la grande quantité d'eau employée, j'ai repris le résidu déjà épuisé par l'eau bouillante par une dissolution faible de potasse et j'ai ensuite précipité par l'acide chlorhydrique ; le résultat a été également négatif.

En évaporant à sec les liqueurs précédentes et notamment l'urine acidulée par HCl des Écrevisses en pleine digestion, on obtient des cristaux qui souvent ressemblent d'une façon frappante à l'acide urique ; mais il est facile de se convaincre qu'il n'y a là qu'une simple analogie de forme. Ces cristaux se redissolvent dans l'eau acidulée d'acide chlorhydrique, ils ne donnent pas la réaction de la murexide, et ne sont pas combustibles ; enfin leur solution aqueuse est précipitée par le chlorure de baryum, et par l'oxalate d'ammoniaque ; il est donc évident que nous avons à faire à du *sulfate de chaux*.

eu l'occasion d'examiner, à Roscoff, le liquide excrété par le *Maia squinado* ou Crabe-araignée.

Chez cet animal on peut se procurer l'excrétion en quantité réellement considérable. Avec un peu de patience on peut arriver à se procurer un litre et plus du liquide excrété sans tuer les animaux, et par simple sondage des orifices excréteurs à l'aide d'une pipette de verre. J'ai montré dans une note publiée antérieurement (1) que les deux vessies d'un seul animal pouvaient fournir en une fois jusqu'à 17 centimètres cubes d'un liquide parfaitement clair, légèrement citrin ou tout à fait incolore, de saveur fortement salée et de densité égale à 1030.

Deux cents centimètres cubes de ce liquide ont été pris et soumis à l'analyse. Je n'entrerai pas ici dans le détail des méthodes que j'ai suivies et que je dois en majeure partie aux indications de M. le Professeur Gautier. Je dirai seulement que je n'ai pas trouvé d'acide urique, bien que j'aie fait des essais destinés uniquement à sa recherche. J'ai recherché également l'urée et n'en ai point trouvé. M. Gautier a bien voulu vérifier lui-même ce dernier résultat sur un échantillon spécial.

Par contre, il existe une substance jouissant de la propriété très remarquable d'être précipitée à chaud par l'acétate de cuivre, réaction caractéristique des corps xanthiques et des acides carbopyridiques; elle présente aussi la réaction orangée par l'action successive de l'acide azotique et de la potasse; mais elle semble différer des corps xanthiques par son acidité qui, jointe à la propriété que possède cette substance de s'unir à l'acide chlorhydrique et au chlorure de platine, paraît devoir la faire ranger dans la série des acides carbopyridiques. On sait que ces acides se rencontrent dans les produits d'oxydation des alcaloïdes naturels, ou accompagnent ces alcaloïdes dans le règne végétal: tel est l'acide nicotianique.

J'ai trouvé aussi dans ce même liquide un corps alcalin précipitable par le réactif de Bouchardat (iodure de potassium ioduré) et formant un choroplatinate; cette base est très vraisemblablement une leucomaine.

Enfin j'ai constaté la présence de Triméthylamine, ou tout au moins de corps alcalins voisins volatils à odeur de saumure de hareng. Le précipité barytique de l'urine chauffé avec de la potasse dégage des vapeurs qui bleuissent le papier rouge de tournesol.

(1) *Loc. cit.* C. R. Ac. Sciences 1887.

Ces faits démontrent que de l'azote est éliminé sous différentes formes par les glandes vertes des Crustacés.

Il est très remarquable de voir l'acide urique et l'urée manquer et se trouver remplacés par les différents corps que nous avons signalés.

Je n'ai pu déterminer que d'une façon approximative la nature chimique des substances éliminées, mais j'espère combler en partie cette lacune en opérant sur des quantités de substance plus considérables.

CONCLUSIONS

(a) Malgré l'assertion de certains auteurs, il n'y a pas lieu d'admettre l'existence de l'acide urique dans les glandes vertes des Crustacés. Il manque chez l'Ecrevisse, qui est le seul Crustacé où il avait été signalé (1); il en est de même chez le Maia Squinado.

(b) Le liquide excrété par les glandes vertes recueilli à l'état de pureté complète, renferme de l'Azote. La présence de ce corps qui ne présenterait aucun intérêt s'il s'agissait d'un simple extrait des organes, a au contraire une grande importance dans le liquide d'excrétion qui, ainsi que nous l'avons constaté, est destiné à être rejeté au dehors d'une façon intermittente.

(c) Chez le Maia Squinado, le liquide excrété renferme une substance présentant quelques-unes des réactions des corps xanthiques, mais semblant en différer par son acidité, un alcaloïde particulier, et des substances qui, par l'action de la potasse dégagent abondamment des corps alcalins volatils de la famille de la Méthylamine. Ces substances ont comme véhicule un liquide clair excrété en grande abondance et qui présente à peu près la même composition chimique que l'eau de mer.

(d) Si l'on donne le nom de reins aux organes qui ont pour fonction exclusive ou principale de débarrasser l'économie du produit de la désassimilation des substances azotées, les glandes vertes des Crustacés peuvent être considérées, ainsi qu'on était disposé à l'admettre, comme de véritables reins.

(e) Il se peut que chez les Crustacés il y ait d'autres organes qui participent avec la glande verte à la fonction rénale, mais rien ne permet encore de l'affirmer. On n'a trouvé d'acide urique ni dans le foie, ni dans les excréments (Krukenberg).

(1) Griffiths aurait cependant trouvé également de l'acide urique chez le Homard. Je n'ai pas contrôlé ce résultat.

CHAPITRE IV

ARACHNIDES

1^o *Fonction rénale* : Chez les Arachnides, on admet généralement que les organes urinaires sont constitués par des tubes généralement très fins qui se déversent dans la dernière portion de l'intestin et qui diffèrent des tubes de Malpighi des Insectes par les nombreuses ramifications qui en naissent et qui vont se perdre dans le foie. Chez les Scorpionides, ces tubes sont tellement fins et diaphanes que Dufour (1), dans son mémoire sur les Scorpions les considère comme infonctionnels.

Il paraît en effet tout à fait impossible que la quantité de substance blanche excrémentitielle, qui souvent remplit l'intestin et qui, comme nous le verrons, est presque entièrement formée de produits urinaires, puisse être sécrétée par des tubes d'un diamètre si minime. Et ce qui tend à prouver qu'ils sont pour peu de chose dans sa sécrétion, c'est qu'on voit souvent cette pulpe blanchâtre remonter bien au-dessus de l'insertion des tubes de Malpighi. Dufour attribuait ce phénomène à des mouvements antipéristaltiques produits au moment de la mort de l'animal ; mais la fréquence de ce phénomène rend cette explication peu probable.

Pour Dufour, les tubes de Malpighi du Scorpion sont des représentants vestigiaires des tubes de Malpighi des Insectes ; et admettant pour ces derniers la théorie biliaire, il en conclut que chez les Scorpions les tubes de Malpighi sont atrophiés à cause de l'apparition d'un nouvel organe chargé de la fonction hépatique : cet organe serait le foie qui remplit toute la cavité du corps (2).

Il faut dire que les faits précédents sont singulièrement en faveur des partisans de la fonction mixte pour les tubes de Malpighi, et si l'on ajoute que Dufour et Em. Blanchard (3) ont observé des anastomoses très nettes entre les tubes de Malpighi et les canaux hépa-

(1) L. Dufour. *Histoire anatomique et physiologique des Scorpions*. Mém. de l'Acad. des Sc. xiv, 1856.

(2) Plateau a démontré que le prétendu foie des Arachnides ne méritait pas ce nom et remplissait le rôle d'une glande pancréatique.

(3) Em. Blanchard. *Organisation du règne animal*. Paris, 1853-1864.

tiques, les faits précédents semblent avoir une portée encore plus grande.

Chez les Aranéides, les tubes de Malpighi sont d'après les observations de Plateau (30), parfaitement fonctionnels, et il a observé dans leur intérieur toujours la même substance et les mêmes granulations que celles de l'intestin et de la poche stercorale. Toutefois, Loman (37), dans un travail récent qui malheureusement est écrit en langue hollandaise, soutient que chez les Cténizes, comme chez d'autres Arachnides déjà observés, les tubes de Malpighi sont des prolongements de l'intestin moyen, et de plus les caractères de ces tubes lui auraient montré qu'ils n'avaient pas une fonction rénale. Les Arachnides, d'après l'auteur, s'écarteraient par ces deux particularités des Insectes pour se rapprocher des Crustacés (1).

2° NATURE CHIMIQUE DES EXCRÉTIONS :

On a souvent dit que les Arachnides excrétaient de l'acide urique; or, le fait est exceptionnel et n'a été signalé d'une façon qui paraisse indiscutable que chez les Acariens et chez les Phalangides (Faucheurs) peut-être aussi chez les Tétrapneumones (Mygales).

(a) *Acariens* Mégnin (28) a montré que les déjections rendues par certains Ixodes et leurs larves se composent uniquement d'urates alcalins, or, les larves des Ixodes ne se nourrissant que sur la réserve de leur vitellus, il est donc bien évident que l'acide urique ne provient pas chez elles du dehors, mais est le résultat de la désassimilation des tissus.

(b) *Phalangides*. — Plateau (39) a démontré que de l'acide urique était éliminé d'une façon normale et constante chez les Faucheurs.

(c) *Aranéides Dipneumones*. — La poche rectale des Dipneumones est remplie d'un liquide jaunâtre tenant en suspension de nombreux corpuscules qui communiquent à l'ensemble de la liqueur l'apparence d'une bouillie crayeuse; l'aspect de ce liquide rappelant assez celui des urates qui se trouvent souvent dans l'intestin des insectes, certains auteurs ont été trompé par l'analogie et ont dit que les Araignées excrètent de l'acide urique.

Il y a déjà longtemps que Davy (16,18) analysant les déjections des Araignées et du Scorpion, a fait voir qu'elles étaient composées d'un corps présentant les réactions de la série xanthique; la guanine n'étant pas encore connue à ce moment, il crut avoir affaire à de

(1) *Zool. Record. Arachn.* 1, 1887 (Extrait).

la xanthine; quelques années plus tard Gorup-Besanez (19) analysa les excréments de *Epeira diadema* et montra qu'il s'agissait non pas de xanthine, mais de guanine. L'autorité considérable de ce chimiste semble suffire pour entraîner la conviction; néanmoins comme la guanine appartient à une série de corps très rares dans l'économie et qu'on n'a pas fréquemment l'occasion de l'observer, cette découverte méritait confirmation. Quelque temps après Davy (23) lui-même, analysant à nouveau les déjections de l'Araignée et aussi celles du Scorpion reconnut qu'elles étaient bien formées de guanine.

Plus récemment Plateau (30) constata comme Davy l'absence d'acide urique et l'existence de la guanine qu'il signala chez les Tégénaires, les Argyronètes, les Epeires, les Clubiones, etc.; il donne même une figure du chlorhydrate et de l'azotate de guanine qu'il a obtenus, et qui présentent les formes caractéristiques que l'on connaît. Il a, en outre, reconnu que la substance qui se trouvait dans le cloaque existait aussi dans les tubes de Malpighi.

Enfin tout nouvellement Weinland (38) a recommencé les analyses de Gorup-Besanez sur l'*Epeira Diadema* en les faisant d'une façon plus complète. Après avoir lavé à l'eau et à l'alcool la substance à analyser, il la dissout dans l'acide chlorhydrique dilué; à la solution chlorhydrique il ajoute alors de l'ammoniaque et un abondant précipité blanc se produit. Un échantillon du précipité étant chauffé avec de l'acide azotique, il reste un résidu jaune qui, par l'ammoniaque vire à l'orangé. Ces réactions permettent déjà de dire qu'il s'agit très probablement de guanine; car la xanthine, la sarcosine, la tyrosine qui pourraient donner des réactions colorées analogues ne se précipitent pas par l'ammoniaque, mais s'y dissolvent facilement.

Le précipité obtenu par l'ammoniaque est alors repris par l'acide chlorhydrique dilué et la solution évaporée à un petit volume. Les aiguilles caractéristiques du chlorhydrate de guanine disposées en groupes radiés se déposent, elles donnent les réactions colorées de la guanine et les nouvelles réactions indiquées par Capranica (1). Chauffés avec une solution saturée à froid d'acide picrique, les cristaux se dissolvent, mais bientôt se reprécipitent de gros cristaux jaunes et pointus. Avec une solution concentrée de ferrocyanure de potassium on obtient également un précipité d'aiguilles cristallisées.

(1) Zeitschrift S. Physiol. Chem. 1880, IV, p. 233.

Dans quelques cas, Weinland a trouvé dans la liqueur ammoniacale où s'était précipitée la guanine, une faible quantité d'acide urique qu'il réussit à isoler en évaporant la liqueur à sec; et, en lavant à l'eau froide le résidu pour le débarrasser du chlorhydrate d'ammoniaque, il obtint alors la réaction de la murexide. Quelque soit l'intérêt de cette dernière observation il n'est pas probable, ainsi que l'auteur le remarque lui-même, que l'acide urique soit un produit de désassimilation de l'araignée; car sa présence est exceptionnelle et il ne s'y trouve qu'en petites quantités; il est plus rationnel d'admettre, comme le pense Weinland, qu'il provient des Insectes dont se nourrissent les araignées et qui en renferment des proportions notables. Tout au contraire, la guanine est un produit de désassimilation des substances albuminoïdes des tissus de l'araignée qui est ensuite excrété dans l'urine. D'après l'auteur, la guanine étant insoluble dans l'eau, doit être combinée chez l'araignée soit à une base, soit plutôt à un acide; il signale une substance qui donne une réaction fortement acide à l'eau de lavage des excréments, mais qui n'a pu être isolée.

(d) *Aranéides Tetrapneumones*. — L'acide urique a été signalé chez les Mygales par Siebold (20 bis). Chez ces animaux, l'urine est rougeâtre et les tubes de Malpighi renferment des concrétions dures et rougeâtres qui ont donné à cet auteur les réactions de l'acide urique. Wasmann (17) au contraire n'a pu décèler cette substance dans les tubes de Malpighi des Mygales.

(e) *Scorpionides*. — Nous avons déjà vu que Davy (18-23) avait signalé la xanthine chez des Scorpions provenant d'Amérique, et que dans une note postérieure il avait reconnu qu'il ne s'agissait pas de cette substance, mais de la guanine qui présente des réactions analogues.

OBSERVATIONS

Il est inutile de revenir sur la nature chimique des excréments de l'Araignée; je dirai seulement qu'avec le contenu d'une seule poche rectale, j'ai obtenu facilement sous le microscope des petits groupes d'aiguilles de chlorhydrate de guanine.

Les Scorpionides ont surtout attiré mon attention. Chez le *Scorpio Occitanus*, l'intestin est rempli d'une pulpe blanchâtre qui remonte

bien au delà des tubes de Malpighi, ainsi que l'avait déjà remarqué Dufour. Cette pulpe se rencontre dans presque toute la longueur de l'intestin.

D'après Dufour, ce phénomène devrait être attribué à des mouvements antipéristaltiques de l'intestin produits au moment de la mort de l'animal. Mais l'ayant observé fréquemment, et cela sur des animaux morts par l'action du chloroforme, je pense qu'il s'agit d'un fait normal et que la pulpe en question n'est pas sécrétée par les tubes de Malpighi. Ceux-ci sont, en effet, d'une ténuité extrême et absolument diaphanes. Mais il devient alors fort embarrassant de dire quelle est l'origine de cette pulpe blanchâtre. Pour Dufour, il s'agit de simples excréments ; mais l'analyse chimique ne confirme pas cette hypothèse.

Davy (18) fait remarquer justement que la plus grande partie des excréments semble être de nature urinaire chez les Scorpions et chez les Araignées et, dit l'auteur, on est porté à en conclure que presque toute la nourriture absorbée est assimilée chez ces animaux et que les déchets de la nutrition sont rendus sous forme urinaire (1). Je serais assez porté à me rallier à cette opinion, et alors j'admettrais volontiers que la pulpe en question est une sécrétion de l'intestin lui-même ; le fait du reste ne serait pas isolé dans l'histoire des animaux ; et nous verrons que chez les larves des Sphégiens parmi les Insectes le ventricule chylique sert à l'élimination de l'acide urique. Des remarques analogues ont été faites par Krukenberg chez des Coléoptères adultes. Chez les Vertébrés, eux-mêmes, ainsi que l'ont fait voir les expériences de Prévost et Dumas, l'intestin peut servir à l'élimination des matériaux urinaires.

Il n'y a donc rien d'invraisemblable à ce que dans le cas actuel, les tubes de Malpighi étant devenus infonctionnels, l'intestin ou ses annexes (foie), soient chargés de la dépuration urinaire. Il me semble du reste impossible de trouver une autre solution et d'expliquer d'une façon différente l'origine de la pulpe blanche de guanine qui remplit l'intestin.

La pulpe intestinale paraît complètement amorphe ; elle brûle entièrement sur la lame de la platine ; sa solution dans l'acide chlorhydrique dilué laisse déposer les aiguilles caractéristiques de

(1) Cependant les Scorpions n'absorbent pas uniquement les liquides vitaux de leur proie, mais aussi des parties solides. J'ai vu deux gros Scorpions qui, après avoir vécu en bonne intelligence avec deux autres petits pendant une quinzaine de jours, les dévorèrent complètement, et ne laissèrent comme traces de leur méfait que les pinces et la queue (postabdomen) de leurs victimes.

chlorhydrate de guanine, qui blanchissent et deviennent opaques en se desséchant.

La guanine obtenue dans ces conditions est bien plus facilement soluble dans l'ammoniaque que la guanine du commerce sur laquelle j'ai fait des essais comparatifs. Cette solubilité m'a même permis d'obtenir la guanine à peu près pure en traitant les excréments par l'ammoniaque; je l'attribue à l'état de division très grande sous lequel se présente la guanine dans ces conditions. Elle se dépose de sa dissolution ammoniacale par évaporation spontanée sous forme de petites perles microscopiques présentant un éclat tout particulier par la lumière réfléchie. Ces perles sont groupées de façon à constituer des écailles à aspect micacé. Elle est précipitée sous la même forme de ses dissolutions alcalines.

Je n'ai pas trouvé d'acide urique.

CONCLUSIONS

(a) La fonction urinaire des tubes de Malpighi chez les Arachnides n'est pas établie d'une façon indiscutable; chez les Scorpionides, elle est même très douteuse. *Il est vraisemblable que l'intestin ou ses annexes (foie) concourent chez les Scorpions à la fonction urinaire*; toutefois, des expériences seraient utiles pour contrôler cette opinion.

(a) L'excrétion d'acide urique chez les Arachnides est un fait exceptionnel, elle ne semble guère être normale que chez quelques Acariens, les Phalangides et peut-être les Mygales; chez les autres Arachnides il n'a été rencontré que comme un fait exceptionnel chez les Dipneumones, et provenait alors probablement des insectes qui constituent leur nourriture.

(c) La guanine est au contraire excrétée chez les Arachnides d'une façon normale et en quantité considérable. Ce fait a été démontré chez les Aranéides Dipneumones par de nombreux observateurs (Gorup-Besanez, etc.) et chez les Scorpionides par Davy et par nos propres observations.

CHAPITRE V

MYRIAPODES

Les documents relatifs à la fonction excrétrice des Myriapodes sont peu nombreux ; ils suffisent néanmoins pour démontrer que chez ces animaux les tubes de Malpighi secrètent de l'acide urique. En 1848, Davy (18) constata que les excréments de *Scolopendra morsitans* étaient recouverts d'une incrustation blanchâtre et que ce dépôt était principalement formé de « lithate d'ammoniaque » (lisez urate d'ammoniaque). Mais ce fut Plateau (29^{bis}) qui démontra la présence de l'acide urique dans les tubes de Malpighi des Myriapodes.

Cet auteur a trouvé l'acide urique libre en très faible quantité dans les tubes de Malpighi de la Lithobie (*Lithobius forficulatus*). Chez les Géophiles, il en a obtenu des cristaux par l'action de l'acide acétique. Chez les Iules, les tubes de Malpighi présentent de l'oxalate de chaux et des groupements cristallins que l'analyse microchimique démontre être formés d'urate de soude ; chez les *Glomeris*, l'acide acétique fit apparaître également des cristaux d'acide urique.

Gibson-Carmichael (35) a également trouvé l'acide urique dans les tubes de Malpighi des Myriapodes, et cet auteur avance que l'on trouve plus d'acide urique chez ceux qui sont pris à jeun que chez ceux que l'on examine peu de temps après un repas.

Enfin l'acide urique semble ne pas exister uniquement dans les tubes de Malpighi. Leydig (25, 27) a trouvé dans le corps adipeux de *Iulus terrestris*, de nombreuses granulations qui paraissent bien être formées d'urates.

CONCLUSIONS

(a) La sécrétion de l'acide urique est un phénomène général chez les Myriapodes, ce corps ayant été signalé chez tous les types où il été recherché.

(b) Les tubes de Malpighi sont les organes chargés chez les Myriapodes de l'excrétion de l'acide urique, ils ont la signification d'organes urinaires.

CHAPITRE VI

INSECTES

FONCTION URINAIRE DES INSECTES. — TUBES DE MALPIGHI

Il y a très longtemps que l'acide urique a été signalé chez les insectes.

En 1783, Chaussier (39) constata chez le Ver à soie l'excrétion d'une matière acide auquel il donna le nom d'acide Bombycin. Quelque temps plus tard, en 1815, Brugnatelli (41) reconnut que cet acide n'était autre que l'acide urique.

Le premier, Wurzer (42) en 1818, constata la présence de l'acide urique dans les tubes de Malpighi chez le Bombyx du Mûrier. En 1836, Audouin (48), analysant un calcul trouvé dans les tubes malpighiens du Cerf-volant, reconnut qu'il était en grande partie formée d'acide urique. Ces faits jetèrent une vive lumière sur la signification physiologique des organes connus chez les Insectes sous le nom de tubes de Malpighi. Jusqu'alors se basant surtout sur des considérations morphologiques, on pensait avec Cuvier que les organes en question avaient une fonction hépatique.

L'acide urique ayant été découvert et sa présence reconnue pour ainsi dire constante dans ces organes, on devait forcément admettre la fonction urinaire. A cette opinion, se rangèrent donc la majeure partie des auteurs, à part Léon Dufour qui continua à admettre la fonction hépatique comptant la présence de l'acide urique comme un fait de minime importance.

Toutefois certains naturalistes pensèrent que cette fonction n'excluait pas forcément la première et que les tubes en question pouvaient agir à la fois comme reins et comme foie. On se trouva alors en présence des deux théories bien connues qui encore aujourd'hui ont chacune leurs partisans : la théorie de la fonction mixte, et celle de la fonction urinaire exclusive.

La première imaginée par Meckel, défendue par son école et par Milne Edwards (63) a été soutenue par Leydig (65) au moyen d'arguments tirés de la structure des tubes de Malpighi et reprise il y a une dizaine d'années par Sabatier (1).

(1) Association p^r l'avancement des Sciences, *Session du Havre*, 1877.

La deuxième a été soutenue par Audouin d'abord, puis par Sirodot (61) qui n'a pu arriver à décèler par ses analyses la moindre trace de produits biliaires et notamment de cholestérine. Plateau (66) a fait plus récemment des recherches analogues et étant arrivé aux mêmes résultats, il conclut à la fonction urinaire exclusive des organes en question. Kölliker (59) Schindler (69) et Krukenberg (1) sont arrivés également sur ce point à des résultats négatifs, et considèrent les tubes de Malpighi comme des organes exclusivement urinaires.

Nous admettons donc avec tous les auteurs l'existence de la fonction urinaire des tubes de Malpighi; quant à la fonction biliaire, elle est extrêmement douteuse.

DISSÉMINATION DE LA FONCTION RÉNALE

M. Fabre (57,64) a observé que les tubes de Malpighi n'étaient pas les seuls organes, capables d'excréter de l'acide urique et que d'autres organes tels que le ventricule chylique ayant habituellement une autre fonction pouvaient en excréter normalement dans certaines circonstances, tandis que les tubes de Malpighi semblaient rester inactifs. Les faits observés par Fabre, malgré le grand intérêt qu'ils présentent, ont été trop souvent passés sous silence ou dénaturés par les auteurs qui se sont occupés de la question. Nous croyons donc indispensable de donner sur ce point quelques détails.

Les principales observations de ce savant ont porté sur les Sphégiens. Les larves de ces insectes ont le tube digestif divisé en deux par une fine membrane au niveau de la partie postérieure du ventricule chylique : elles ne peuvent, par conséquent, évacuer aucune matière solide; néanmoins elles mangent d'une façon continue, jusqu'au moment où elles ont atteint leur taille définitive, et ce n'est que lorsqu'elles ont tissé leur coque qu'elles évacuent à leur intérieur une petite masse noirâtre. Elles passent alors l'hiver dans leur coque, et n'opèrent leur nymphose et leur transformation qu'au printemps prochain.

Or, des observations de M. Fabre il résulte que chez ces larves

(1) *Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge* (Mollusques, Crustacés, Insectes), Unters. a. d. physiol. Instit. d. Univ. Heidelberg. II. — 1878. p. 33, etc.

quelques jours après l'éclosion apparaissent des ponctuations d'un blanc crétacé; puis ces ponctuations augmentent en nombre et atteignent leur maximum de développement pendant la période d'hibernation; elles sont alors semées dans l'épaisseur du tissu adipeux. Si l'on vient à cette époque à traiter un lambeau de ce dernier par l'acide azotique il fait effervescence; en évaporant la liqueur azotique et en traitant par l'ammoniaque il se développe immédiatement une couleur carmin intense « qui suffit pour colorer tout un verre d'eau. » Ainsi le tissu adipeux des larves des Sphégiens contient en abondance de l'acide urique probablement combiné à l'ammoniaque si l'on en juge d'après les caractères optiques des granulations qui remplissent les lobules uratiques. Tous les utricules du tissu adipeux ne sont pas indistinctement chargés de cette sécrétion, mais il y a entre eux une sorte de division du travail, les uns étant chargés de sécréter de la graisse, les autres de l'acide urique; puis arrive le moment de la nymphose : les tissus subissent les phénomènes de l'histolyse et les organes de l'insecte parfait se constituent rapidement aux dépens de la bouillie grasseuse qui résulte de la destruction des organes de la larve.

Que deviennent pendant ce temps les granulations uriques ? Quelques jours après la nymphose on les voit diminuer et en même temps l'insecte évacue par l'anus de l'acide urique : « si vers cette époque on ouvre le corps de l'animal, on trouve son tube digestif rempli d'une tige blanchâtre continue ou fragmentée, qui se compose d'acide urique; si l'ouverture du corps a été faite avant le moment de l'évacuation, au moment de la métamorphose, on constate que cette substance blanche ne se trouve que dans le ventricule chylifique qui est supérieur à l'insertion des tubes de Malpighi et qui est séparé par une cloison de l'intestin où ces derniers débouchent; or, jamais chez les larves des fouisseurs, les tubes de Malpighi ne renferment d'urates au moins en quantité perceptible aux réactifs chimiques.

Les trois organes, corps adipeux, tubes de Malpighi, ventricule chylifique, se comportent-ils donc d'une façon similaire et tous trois sont-ils indistinctement employés à extraire du fluide nourricier l'acide urique ? M. Fabre ne le pense pas. Pour lui le tissu adipeux est seul l'organe chargé de la sécrétion de l'acide urique chez les Insectes : c'est un véritable rein. Le ventricule chylifique ne joue le rôle de vessie urinaire qu'occasionnellement; quant aux tubes de

Malpighi ils servent de simples tubes vecteurs ou de réservoirs pour l'acide urique; encore, cette fonction ne serait-elle pas un fait général, puisque nous venons de voir que chez les larves des Sphégiens, par un exemple bien remarquable de cumul physiologique, c'est le ventricule chylifique qui les supplée dans cette fonction. Mais alors les tubes de Malpighi, tout comme le ventricule chylifique, doivent avoir une fonction constante et principale; on l'a deviné, cette fonction serait la fonction biliaire.

Les faits précédents restent, et ils sont du plus grand intérêt; mais on peut contester la théorie. Il semble tout d'abord bien difficile d'admettre que le corps adipeux soit un véritable rein. Il est vrai qu'il faudrait d'abord s'entendre sur ce que c'est qu'un rein et la physiologie de cet organe, n'étant pas encore fixée chez les animaux supérieurs, il semble bien difficile d'en donner une définition; si l'on donne le nom de reins aux organes qui ont pour fonction d'élaborer les matériaux urinaires sans être chargés en même temps de leur élimination, il se peut qu'alors on puisse donner cette qualification au corps adipeux des insectes; mais alors, ne sommes-nous pas exposés à voir bien des organes porter le nom de reins? et d'après les recherches de Ranke, Meissner, Minkowski et d'autres physiologistes sur les animaux supérieurs, le foie, la rate, peut-être d'autres organes, et même tous les tissus de l'organisme d'après certains auteurs, ayant une fonction uropoiétique, ne serions-nous pas conduits à ne voir que des organes rénaux dans tout l'organisme.

Nous dirons donc que pour qu'il y ait fonction rénale de la part d'un organe, il faut qu'il y ait élimination par cet organe des produits de sécrétion. Il est vrai que chez les Sphégiens, le corps adipeux, s'il ne rejette pas l'acide urique au-dehors, l'emmagasine dans ses cellules et par conséquent débarrasse le sang du produit de la désassimilation des substances azotées, sans qu'il soit nécessaire pour l'animal d'évacuer aucune excrétion; il y a donc là une sorte d'élimination transitoire et incomplète. A ce point de vue le corps adipeux peut être considéré comme fonctionnant comme un rein. Mais en tous cas, cette fonction, de même que celle du ventricule chylifique, ne peut être considérée que comme transitoire, et de plus elle n'est pas générale chez tous les Insectes ainsi qu'il résulte des observations de Fabre lui-même.

C'est ainsi que, chez la larve des Euméniens, qui est carnassière comme celle des Sphégiens, le corps adipeux ne contient pas d'a-

cide urique, mais le ventricule chylique et les tubes de Malpighi en sont remplis.

Chez la larve de la Guêpe, on trouve, au contraire, des granulations uratiques dans le tissu adipeux et dans les vaisseaux malpighiens ; mais on n'en trouve pas dans le ventricule chylique.

Chez les larves mellivores des Hyménoptères, il n'y a pas de granulations uriques dans le tissu adipeux, tant qu'elles se nourrissent, et cependant elles ne rejettent aucune excrétion solide ; quand la pâtée de miel est achevée, les larves des abeilles tombent dans le sommeil hibernant : alors l'animal se nourrit sur lui-même et les granulations uriques font leur apparition ; Fabre les a observées chez différents types ; je les ai moi-même trouvées en grand nombre chez la larve de l'Abeille-coupeuse-de-feuilles, la *Megachile*. Toutes les larves mellivores hibernantes n'ont cependant pas de l'acide urique dans leur tissu adipeux ; mais alors elles en ont le ventricule chylique rempli : c'est ce qui a lieu, par exemple, pour l'Abeille-maçon, le *Chalicodome*.

Si maintenant nous quittons les Hyménoptères pour voir ce qui se passe chez les autres ordres d'Insectes, nous voyons, d'après les mêmes recherches de Fabre que chez les Orthoptères, la larve du Grillon, au moment de la nymphose, est « incrustée de myriades de petits points blancs. » Le ventricule chylique ne contient pas d'acide urique, mais les deux cœcums ventriculaires en secrètent et on en rencontre aussi dans les tubes de Malpighi. Le fait des cœcums gastriques participant à la même fonction que les tubes de Malpighi, est certainement l'un des faits les plus curieux et les plus intéressants qui aient encore été signalés.

Chez ces mêmes Orthoptères, les Ephippigères nous présentent un second fait des plus instructifs : elles offrent toujours, même à l'état adulte, de l'acide urique dans leur tissu adipeux ; cette substance est accumulée surtout sur la ligne médiane et chose surprenante, les téguments eux-mêmes sont teints par les urates ; c'est à eux que la face inférieure de l'abdomen doit sa teinte d'un jaune crémeux.

Chez les Coléoptères, les larves ne présentent de granulations uriques qu'au moment de la nymphose : Chez la Cétoine, c'est par les tubes de Malpighi que l'insecte se débarrasse de son acide urique au moment de l'éclosion ; mais chez le *Sitaris humeralis*, c'est la partie antérieure du ventricule chylique qui est gonflée comme un ballon et remplie d'urates.

Chez le Ver luisant (*Lampyrus splendidula*), qui, sous bien des rapports peut être regardé comme une forme larvaire permanente, l'acide urique existe d'une façon diffuse dans tous les tissus. Leydig (65) l'a trouvé dans le corps adipeux ; Krukenberg (70) l'a en outre signalé dans l'intestin, les muscles et même dans les œufs non encore pondus (1).

Chez *Osmoderma eremita*, Krukenberg (70) a vu l'intestin rempli d'urates dans les $\frac{2}{3}$ de sa longueur, et il est porté à croire que la muqueuse de l'intestin concourt à l'élimination de l'acide urique.

Chez les Lépidoptères, les chenilles empruntent souvent leur riche parure à l'acide urique, et, fait bien remarquable, chez elles le pigment sous-dermique n'est souvent qu'un dépôt d'urates.

(1) M. Dubois (71 bis) a signalé l'acide urique dans le Tissu adipeux différencié de l'organe lumineux des Pyrophores ; mais d'après cet auteur, il n'existerait que dans la couche interne non lumineuse et voisine des trachées ; les cellules de la couche externe lumineuse renferment de nombreuses granulations biréfringentes, qui, d'après M. Dubois, seraient formées d'une substance albuminoïde spéciale et de guanine ; ces deux corps résulteraient du dédoublement de la cellule adipeuse photogène ; la couche interne non lumineuse qui contient l'acide urique dériverait de la couche externe par un processus histolytique de nature spéciale ; l'acide urique qu'elle renferme serait un produit d'oxydation de la guanine contenue dans la couche lumineuse externe, et serait détruit presque complètement au fur et à mesure de sa formation.

Leydig (68 bis) a aussi signalé la guanine dans le corps adipeux des insectes.

Quoiqu'il en soit à cet égard, il est bon de retenir que M. Dubois a obtenu avec le tissu lumineux la réaction de la murexide, et avec l'acide azotique dilué et l'acide sulfurique dilué des cristaux d'acide urique ; mais il n'a pu obtenir les mêmes formes cristallines avec l'acide chlorhydrique et l'acide acétique : l'auteur en conclut que dans le premier cas il y avait eu oxydation de la guanine, et production d'acide urique ; mais cette hypothèse semble peu probable ; car si elle était fondée, on obtiendrait toujours la réaction de la murexide avec la guanine, ce qui, au contraire, ne se présente jamais ; et enfin lorsque traite la guanine par l'acide azotique, on devrait obtenir de l'acide urique, or même en employant de l'acide azotique concentré on obtient des cristaux parfaitement définis d'azotate de guanine ; je n'ai jamais obtenu d'acide urique, dans de telles conditions. Robin et Laboulbène (65 bis) avaient du reste déjà signalé l'urate d'ammoniaque dans le tissu propre de l'organe lumineux des Pyrophores, et avaient obtenu avec l'acide chlorhydrique dilué et l'acide acétique de nombreux cristaux d'acide urique. Pour ces auteurs les granulations biréfringentes sont formées d'urate d'ammoniaque. Nous venons de voir que d'après M. R. Dubois il s'agirait de guanine. Toujours est-il que l'existence de l'acide urique n'est pas douteuse d'après les réactions précédentes ; quant à la guanine il se peut qu'elle coexiste avec l'acide urique dans la couche lumineuse. D'après Robin et Laboulbène (65 bis), l'abondance des urates dans la substance des cellules, au sein desquelles a lieu le dégagement de lumière, porte à penser que l'acide urique est un des composés cristallisables résultant de la décomposition photogénique d'une substance azotée définie.

Sirodot (61) et Fabre (64) ont montré que chez les chenilles l'acide urique était localisé au tissu cellulaire sous-cutané, et n'existait pas dans le tissu adipeux périviscéral. D'après Sirodot, les chenilles velues et épineuses présentent du pigment au lieu d'acide urique, et il attribue cette différence à la perspiration cutanée qui serait beaucoup plus active chez les chenilles à peau nue.

Les exemples précédents suffisent pour faire voir que chez un grand nombre d'Insectes et peut-être chez tous, la sécrétion et l'élimination de l'acide urique peuvent être dévolues aux organes les plus divers. Chez les Insectes, il semble donc que la fonction urinaire soit mal localisée, et chez eux la division du travail physiologique n'est pas sous ce rapport poussée assez loin pour qu'un seul et même organe soit toujours chargé de la même fonction. Les tissus les plus divers, mais surtout le corps adipeux, sont chargés de la fonction uropoiétique; quant aux tubes de Malpighi ils sont à n'en point douter, les organes principaux de la dépuration urinaire, et ce n'est qu'accessoirement ou d'une façon temporaire que d'autres organes et d'autres tissus, tels que le corps adipeux, le tissu sous-dermique, la peau, le ventricule chylique, les cœcums ventriculaires, peuvent jouer un rôle analogue et contribuer à l'élimination ou à l'emmagasinement des déchets de l'organisme.

ACIDE URIQUE DANS LES DIFFÉRENTS ORDRES

D'après ce qui précède, on a pu voir que l'acide urique avait été trouvé chez la plupart des insectes.

Chez les COLÉOPTÈRES, l'acide urique a été constaté chez les Charançons par H. Milne Edwards (46) et chez le Hanneton par Chevreul (43).

En 1836, Audouin (48), examinant un calcul trouvé par M. Aubé dans les tubes de Malpighi du Cerf-volant, reconnu qu'il se composait d'urates.

Sirodot (61) s'est efforcé de démontrer par une analyse portant sur les tubes de soixante-cinq individus, la présence de l'urate neutre de soude dans les tubes de Malpighi de l'*Oryctes nasicornis*; il a obtenu le même résultat pour le Hanneton.

D'après le même auteur l'acide urique se trouve combiné avec la chaux chez le Dytique, et Plateau (66) a confirmé ces résultats. Chez les Hydrophiliens, Plateau a signalé la présence de l'urate de soude, Kôlliker (59) dit avoir trouvé de la leucine. Enfin Sirodot signale

avec doute la présence de l'urée qu'il aurait obtenue à l'état d'oxalate.

Chez les HÉMIPTÈRES on n'a pas trouvé d'acide urique. Plateau (66) a rencontré chez les Nèpes et les Ranâtres une pulpe blanchâtre, à réaction alcaline, dans l'intestin moyen, mais pas d'urates.

C'est chez les LÉPIDOPTÈRES que l'acide urique a été signalé pour la première fois comme excrétion des Insectes. Nous ne passerons pas en revue les nombreux auteurs qui en ont fait mention depuis ; et il nous suffira de dire qu'il résulte des expériences de Davy (55) faites sur un grand nombre de Papillons, et principalement sur des Sphinx recueillis aux Barbades que l'acide urique n'existe qu'en proportion assez faible chez les Chenilles, et que dans certains cas, il serait même entièrement remplacé par l'acide hippurique. Toutefois ce corps n'ayant été caractérisé que par la forme de ses cristaux en présence de l'acide chlorhydrique, son existence doit encore être considérée comme douteuse chez les Insectes. Chez les Papillons à l'état parfait, Davy (55) a toujours au contraire trouvé de l'acide urique en abondance : c'est ainsi qu'un Papillon de nuit examiné par cet auteur, rendait des excréments uriques qui excédaient en poids celles d'un Oiseau-Mouche pesant près de cent fois plus, qu'il observait à la même époque.

La plupart du temps l'acide urique est, chez les Lépidoptères, à l'état d'urate d'ammoniaque, dans certains cas cependant, Davy (55) vit l'acide urique à l'état libre ; cet acide urique libre a été trouvé par Sirodot (61) sous forme de calculs tout à fait comparables à ceux des animaux supérieurs chez la Chenille du Saule.

Chez les DIPTÈRES, Davy (55) a rencontré l'acide urique chez les Moustiques, chez la Mouche domestique, chez *Calliphora vomitoria*, *Anthomya platura*, *Eristalis tenax*, etc.

D'après Barthélemy cité par Fabre (64), la larve d'un tachinaire parasite de la chenille du Sphinx de l'Euphorbe, en contient autour des ramifications trachéennes dans les cellules adipeuses disposées en chapelet. Pendant la nymphose, il s'en développe notamment chez les Anthrax, les Toxophores, etc. ; j'ai constaté le même fait chez la Mouche commune.

Chez les ORTHOPTÈRES nous avons vu que l'acide urique existe non seulement dans les tubes de Malpighi, mais encore dans les téguments et dans le tissu adipeux.

Basch (59) a démontré la présence de l'acide urique à l'état de cristaux dans les tubes de Malpighi de la Blatte commune (*Periplaneta orientalis*), et Plateau (68) dans ceux de la *Periplaneta americana*.

On a assez rarement recherché l'acide urique chez les NÉVROPTÈRES. Davy (55) l'a cependant rencontré chez la Libellule, Plateau (66) l'a recherché chez les nymphes de ces insectes sans succès, en revanche cet auteur a trouvé dans l'intestin moyen des petites masses orangées formées d'urates. Schindler (69) a trouvé l'acide urique dans les tubes de Malpighi, de *Perla bicaudis*, *Libellula flavescens*, *Phryganea flavicornis* et *reticulata*.

Chez les HYMÉNOPTÈRES, nous avons vu que l'acide urique était répandu dans tous les groupes. D'après Krukenberg (70) cependant, il ferait défaut chez l'abeille, Davy (55) au contraire dit en avoir trouvé des traces chez cet insecte; dans les matières évacuées par un Bourdon, Davy (50) dit n'avoir rencontré aucune trace d'acide urique; il semble donc que chez les Hyménoptères mellifères, l'acide urique existe en faible quantité. Toutefois, ce fait mériterait d'être confirmé.

Chez les *Thysanoures* l'acide urique a été trouvé par Schindler (69) dans les tubes de Malpighi du Lépisme.

OBSERVATIONS

J'ai eu l'occasion d'observer les granulations uriques du tissu adipeux chez les larves des Sphégiens dans trois types différents, le *Cerceris ornata*, le *Crabro cephalotes* et un *Pélopée*.

Si on enlève l'une des ponctuations blanches qui sont semées comme autant de milioles dans l'épaisseur du corps adipeux du *Pélopée* et qu'on la porte sous le microscope on voit qu'elle consiste en une vésicule pleine de sphéroïdes réfrigents. La vésicule est une des cellules du tissu adipeux dont la membrane persiste souvent, mais semble manquer dans certains cas; dans ce derniers cas les sphéroïdes restent encore cohérents entre eux, mais il suffit d'appuyer légèrement sur la lamelle, pour les dissocier.

Ils ont en moyenne un diamètre de 15 μ , leur contour est fortement ombré et au centre on distingue une sorte de noyau d'où partent quelques rayons figurant une étoile; en un mot, ils offrent l'aspect bien connu des globules d'urate d'ammoniaque; l'acide acétique inoculé sous la lamelle les dissout peu à peu: on voit alors chacun d'eux se dissocier en fines granulations; il reste à ce moment une fine membrane qui traduit le contour primitif du globule; on voit pendant quelque temps les granulations animées de mouvements moléculaires butter contre cette membrane dans laquelle

elles sont emprisonnées ; puis elles finissent par se dissoudre complètement et par disparaître. Ainsi les globules d'urate d'ammoniaque qui forment le contenu de la grande cellule adipeuse sont eux-mêmes contenus dans des vésicules secondaires. Chez le *Cerceris ornata*, j'ai pu voir les granulations apparaître dans ces vésicules, puis se grouper en formant de stries rayonnantes autour d'un centre commun, peut-être un noyau.

Nous avons vu que ces globules se dissolvent par l'action de l'acide acétique ; toutefois la réaction est assez lente, probablement à cause de la membrane qui les entoure ; et ce n'est qu'au bout de quelque temps que l'on voit de nombreux cristaux d'acide urique faire leur apparition sur le champ du microscope.

J'ai constaté l'existence de granulations uratiques analogues aux précédentes chez une larve d'*Ephialtes* parasite du *Crabro cephalotes*, chez la larve d'une Mégachile qui faisait ses cellules avec des feuilles d'orme découpées, et enfin chez une grosse larve de Coléoptère vivant dans le bois.

Mais c'est surtout la larve de la mouche (1) qui fixera notre attention. Cette larve, ayant été prise comme type par la plupart des naturalistes qui se sont occupés des phénomènes si curieux du développement post-embryonnaire des insectes, présente un intérêt tout spécial ; il est en effet bien remarquable que les auteurs qui ont traité cette question, et notamment Viallanes, ne font aucune mention des dépôts d'acide urique qui s'accumulent dans le tissu adipeux de la nymphe et qui formeraient cependant des repères précieux pour cette étude.

Si l'on prend une larve de Mouche déjà grosse et que l'on porte sous le microscope un lambeau de son tissu adipeux, on voit que les cellules sont remplies de vésicules de graisse qui les rendent absolument noires. Si l'on fait alors passer un courant d'éther sur la préparation, les cellules s'éclaircissent complètement, et à part le gros noyau ovalaire, les cellules semblent complètement vides.

Un peu plus tard, alors que la larve est depuis peu transformée en pupe, il n'en est plus de même ; l'éther éclaircit encore la préparation (2), mais il reste de nombreux globules réfringents rem-
plissant complètement la cellule et pressés les uns contre les autres ; ces globules ne sont pas tous entièrement sphérique ; beaucoup

(1) Larves employées à Paris par les pêcheurs et vendues sur les quais (asticot).

(2) L'éther étant évaporé, il reste de longues aiguilles groupées, caractéristiques des corps gras et notamment de la stéarine.

d'entre eux ont un contour polygonal dû à la pression réciproque qu'ils exercent les uns sur les autres; leur diamètre est de 5 à 6 μ . Examinés à un fort grossissement, ils apparaissent comme des petites masses réfringentes, dans lesquelles on voit souvent de fines granulations et quelquefois des corpuscules anguleux ressemblant assez bien à des cristaux. Si l'on exerce une pression sur la lamelle couvre-objet, chaque globule se déforme et s'étire à la façon d'une goutte de graisse; si l'on comprime davantage ils se fusionnent entre eux, en formant des trainées réfringentes dirigées en tous sens; il n'y a donc pas de membrane au moins à cette époque, et n'y ayant pas vu de noyau, je ne pense pas que les globules en question puissent avoir la signification de véritables cellules; dans certains cas ces globules se groupent ensemble de façon à former des corps muriformes.

Ces faits histologiques étant connus, instillons une goutte d'acide acétique sous la lamelle couvre-objet, et laissons reposer pendant une heure ou deux dans une chambre humide. L'aspect de la préparation s'est, au bout de ce temps, entièrement modifié : les globules contenus dans la cellule adipeuse subsistent toujours, mais ils se sont éclaircis, et de nombreux cristaux d'acide urique se sont déposés. Dans certains cas le champ du microscope en est couvert; beaucoup se groupent de façon à former des concrétions mamelonnées, d'autres forment des petits cristaux losangiques isolés, d'autres enfin se sont déposés à l'intérieur des globules que nous avons décrits. Les cellules adipeuses renferment donc des urates et les globules réfringents sont les éléments où ils se déposent. Avant l'action de l'acide acétique, on voit assez souvent des concrétions dans les cellules adipeuses, mais il arrive aussi fréquemment qu'il n'y a ni concrétions, ni granulations inorganiques ainsi qu'on peut s'en assurer en comprimant la préparation de façon à la rendre entièrement transparente, et pourtant, même dans ce cas, l'addition d'acide acétique fait souvent encore apparaître les cristaux d'acide urique qui peuvent même être très nombreux.

Les urates sont alors probablement à l'état liquide et imprègnent le contenu des cellules adipeuses; ce fait était du reste à prévoir étant donnée la réaction franchement alcaline des tissus. Il arrive assez fréquemment que, même en attendant longtemps, la réaction ne réussisse pas et qu'on n'obtienne pas de cristaux d'acide urique. Le moyen qui m'a donné les résultats les meilleurs et les plus constants est le suivant : On met un petit lambeau de tissu adipeux

sur une lame de verre, en évitant le contact de l'eau ; on dessèche sur la lampe en chauffant d'une façon modérée, on ajoute alors une très petite goutte d'eau, et autant d'acide acétique, puis on dépose dans une chambre humide sans mettre de couvre-objet. Il est rare en employant ce moyen de ne pas obtenir de beaux cristaux d'acide urique. En traitant un lambeau du tissu adipeux par l'acide azotique et les vapeurs d'ammoniaque on obtient souvent la réaction de la murexide.

Il nous reste maintenant à comparer les faits précédents avec les données que nous fournissent les auteurs.

Les globules de la cellule adipeuse ont été le sujet de différentes interprétations. Weismann (1) désignait les cellules adipeuses qui se sont dissociées pendant le travail de la nymphose, sous le nom de *Körnchenkugeln* (boules à noyaux) ; il y voyait, en effet, des formations spéciales dont il ne connaissait pas l'origine, et pour lui les globules ou noyaux étaient les éléments formateurs des tissus de l'imago.

Ganin (2) pense que les cellules du corps adipeux sont frappées de dégénérescence, et qu'aucune partie vivante ne restant de ces éléments, les débris servent de matériaux nutritifs aux tissus nouveaux.

Künkel d'Herculais (3), émet une opinion analogue en comparant le corps adipeux à un véritable vitellus nutritif.

Viallanes (4) enfin considère les globules comme autant de formations cellulaires nées par génération spontanée dans la grande cellule et qu'il désigne sous le nom de *cellules filles*.

L'opinion de Ganin et de Künkel paraît au premier abord assez séduisante ; il faut convenir toutefois qu'il est bien singulier que ces prétendus globules vitellins n'apparaissent qu'au moment où la larve commence à se mettre en pupe. S'ils s'agissait réellement d'une réserve nutritive, n'aurait-elle pas dû s'accumuler pendant la période active de l'animal et non pas au moment où l'animal est immobile et ne prend aucune nourriture ? si le fait de mise en

(1) Weismann, *Die Entwicklung der Dipteren*, tir. à part, Leipzig, 1864 (cité d'après Viallanes).

(2) Ganin. — *Matériaux pour servir à l'histoire du développement post-embryonnaire des Insectes* (en russe), Varsovie, 1875, p. 34, etc.

(3) Künkel d'Herculais. — *Recherches sur l'Organisation et le développement des Volucelles*. Paris, 1875.

(4) Viallanes. — *Recherches sur l'Histologie et le développement post-embryonnaire des Insectes*. Ann. des Sc. Nat., p. 159. 1882.

réserve est parfaitement admissible pour la graisse, il est donc au contraire très contestable pour les globules en question. Quant à l'opinion de Viallanes, je doute qu'elle soit fondée, car les caractères physiques et optiques des globules, leur aspect homogène, la façon dont ils se comportent, lorsqu'on les comprime,, ne sont pas en faveur de cette hypothèse ; cependant les vésicules que l'on observe chez les Sphégiens me laissent encore quelque doute sur ce point.

En résumé, nous concluons que les globules réfringents en question sont des parties différenciées de la cellule adipeuse, peut-être de véritables cellules en voie de formation et qui emmagasinent l'acide urique provenant de la désassimilation des tissus, au moment du travail si actif de la nymphose ; quant à savoir s'ils ont un autre rôle, une étude plus approfondie de leur évolution, et de leurs réactions microchimiques peut seule en donner une explication satisfaisante ; il y a là certainement un point à éclaircir dont l'étude aiderait beaucoup à comprendre les phénomènes si importants et si intéressants de l'histolyse et de l'histogénèse au moment de la nymphose.

Que devient ensuite l'acide urique accumulé dans le tissu adipeux ? Nous avons vu que tous les auteurs s'accordent à dire qu'au moment de l'éclosion de l'insecte, l'acide urique est évacué en abondance par l'intestin : c'est ce que l'on appelle le *meconium* ; nous avons vu également que d'après les recherches de Fabre (57, 64) avant d'être évacué, il s'accumule soit dans le ventricule chylifique et les cœcums qui en dépendent, soit dans l'intestin et les tubes de Malpighi. Comment se fait le passage des urates, du tissu adipeux dans ces organes ? Il y a là un point intéressant à élucider, et qui ne me paraît pouvoir être résolu que par la méthode des coupes. Je n'ai pu encore recueillir aucune donnée sur ce sujet.

Nous terminerons cette étude par l'examen d'un insecte au moment de l'éclosion, et nous prendrons comme sujet un Hyménoptère de la famille des Abeilles gastrilégides, l'Osmie. (1)

Les Osmies dont j'ai pu disposer étaient encore étagées dans le roseau coupé que leur mère avait choisi pour nid, et séparées les unes des autres par des cloisons d'argile qui divisaient la lumière du tube, en autant de cellules égales.

Quelques cellules furent détruites et les coques brunes qu'elles

(1) Les espèces que j'ai examinées et que je dois, ainsi que les larves de Pélopée dont j'ai pu disposer, à l'extrême obligeance de M. Nicolas, le savant entomologiste d'Avignon, sont *Osmia cornuta* et *Osmia Latreilli*.

renfermaient étant ouvertes, les abeilles fraîchement transformées qu'elles contenaient furent retirées et disséquées. Chez toutes, l'intestin était rempli d'urates, et l'ampoule rectale en était distendue de façon à former un gros ballon blanc jaunâtre appendu à l'extrémité de l'intestin; si l'on piquait ce ballon les urates se répandaient immédiatement au dehors sous forme de trainée nuageuse; mais ils restaient insolubles dans l'eau de la cuvette de dissection. Dans tous les cas, le contenu urique de l'intestin s'arrêtait précisément au niveau de l'insertion des tubes de Malpighi, c'est-à-dire au niveau de la valvule qui sépare le ventricule chylifique de l'intestin. Je ne suis pas arrivé à décélérer la présence de l'acide urique dans les vaisseaux de Malpighi qui sont, du reste, d'une grande ténuité. Néanmoins, n'ayant pas apporté beaucoup de soin à cette recherche, et étant donné que l'acide urique qui remplit l'intestin ne dépasse pas le point d'insertion des tubes de Malpighi, il est probable que dans le cas actuel ces derniers doivent être regardés comme les organes excréteurs. Chez un des insectes disséqués le corps adipeux contenait encore quelques granulations uratiques comme chez la larve.

Les Osmies qui n'avaient pas été retirées de leurs coques sortirent d'elles-mêmes au bout de quelques jours; elles furent gardées captives sous une cloche et évacuèrent leur méconium sous forme de taches blanches formées d'une bouillie crayeuse qui ne tarda pas à se solidifier. La matière excrétée fut recueillie et soumise à l'analyse microscopique et chimique.

Le microscope fait d'abord voir que le méconium consiste en une multitude de globules foncés à bord fortement ombré et à centre clair. Ces globules sont de taille très différente; les plus petits sont d'une ténuité extrême, et animés de mouvement brownien; les plus grands ont 25μ de diamètre.

Tous ces globules sont parfaitement ronds et ceux qui ont une taille suffisante présentent nettement la structure radiée. En outre de ces globules, on rencontre aussi des cristaux d'acide urique mâclés de façons différentes; mais ils sont en abondance beaucoup moindre. L'addition d'acide acétique à la préparation transforme en peu de temps tous les globules en cristaux d'acide urique. Chaque globule donne naissance à un groupe de cristaux qui s'accroissent à vue d'œil à mesure que le globule qui leur donne naissance diminue. Si au lieu d'acide acétique on instille sous la lamelle une goutte d'acide chlorhydrique dilué, la préparation

étant abandonnée à elle-même ne laisse pas déposer de cristaux de chlorure de sodium, ce qui devrait avoir lieu si nous avions à faire à de l'urate de soude.

De l'examen microscopique nous pouvons donc déjà conclure que le meconium de l'Osmie se compose d'un urate et d'acide urique libre ; et en outre qu'il n'y a pas d'urate de soude, au moins en quantité notable.

L'examen chimique comporte plusieurs essais.

L'un est destiné à l'obtention de la murexide ; inutile de dire qu'il réussit pleinement.

Une autre parcelle est mise au fond d'un petit tube à essai bien desséché avec une goutte de lessive de potasse ; l'ouverture du tube est recouverte d'un morceau de papier tournesol rouge légèrement humecté d'eau distillée, et le tube est chauffé légèrement : au bout de quelques instants le papier se colore en bleu. Ainsi, l'acide urique se trouve dans le meconium combiné à l'ammoniaque.

Pour savoir si l'ammoniaque est la seule base qui se trouve combinée à l'acide urique, une proportion un peu plus considérable de meconium est calcinée sur le couvercle d'un creuset de platine ; il se forme d'abord un charbon abondant et volumineux ; en continuant à chauffer le charbon disparaît et il reste une quantité minime de cendre blanche par rapport au volume total de la substance. Cette cendre est reprise par une goutte d'acide chlorhydrique ; il se produit alors une vive effervescence indiquant la présence d'acide carbonique, mais il est à noter qu'il n'y a pas d'effervescence si l'on procède de la même façon avant l'incinération ; l'acide carbonique résulte donc de la décomposition de l'acide urique.

La liqueur chlorhydrique diluée et claire est ensuite versée dans un petit tube à essai, on ajoute un léger excès d'ammoniaque et de l'oxalate d'ammoniaque ; on voit alors se former immédiatement au précipité blanc soluble dans l'acide chlorhydrique, indiquant la présence de la chaux.

Il résulte des expériences précédentes que le meconium de l'Osmia est formé d'acide urique combiné à la chaux et à l'ammoniaque, et d'acide urique libre.

CONCLUSIONS

(a) La sécrétion de l'acide urique est un fait général chez les Insectes, et si l'on néglige les petits groupes des Strepsiptères, des Thysanoptères, et les Parasites où il n'a sans doute jamais été recherché, les Hémiptères font seuls exception.

(b) L'élimination de l'acide urique est en général dévolue aux tubes de Malpighi (Audouin, etc.); toutefois la fonction urinaire, surtout au moment de la période larvaire, est mal localisée, et l'on voit tantôt le tissu adipeux, tantôt l'intestin ou le ventricule chylique et les cœcums qui en dépendent, tantôt la peau, servir d'une façon normale à l'élimination ou à l'emmagasinement de l'acide urique. (Recherches de Fabre interprétées par lui d'une façon un peu différente.)

(c) Les tissus les plus divers et surtout le corps adipeux ont chez les Insectes un rôle uropoiétique (Fabre, Leydig, Krukenberg). Néanmoins, le corps adipeux ne peut être considéré comme un rein, sauf peut-être chez certaines larves, si l'on considère l'emmagasinement de l'acide urique comme un mode spécial et provisoire de dépuration urinaire.

(d) Les recherches chimiques ne confirment pas l'hypothèse de la fonction biliaire des tubes de Malpighi. (Sirodot, Plateau, Krukenberg, etc.).

L'accumulation d'acide urique dans le tissu adipeux, tantôt dans des cellules spéciales, tantôt dans toutes les cellules est au moment de la nymphose un phénomène général (Fabre).

(e) *Les urates se développent à l'intérieur des cellules adipeuses dans des vésicules secondaires (Sphégiens), ou dans des globules particuliers et réfringents (Diptères).*

Il est douteux que ces globules soient de véritables cellules filles et c'est probablement à tort qu'on les a considérés comme des éléments vitellins.

(f) Au moment de la transformation, les urates passent par un processus inconnu dans le ventricule chylique et ses cœcums, ou dans l'intestin et les tubes de Malpighi pour être ensuite rejetés au dehors sous forme de meconium (Fabre, etc.)

(g) L'acide urique existe chez les différents insectes quelque soit leur régime, et on le rencontre aussi bien chez le Papillon que chez le Coléoptère carnassier. Le fait serait pourtant à contrôler pour les Hyménoptères mellifères.

(h) L'acide urique existe chez les insectes à l'état d'acide urique libre, d'urate d'ammoniaque, de soude, de potasse et de chaux (Chevreul, Fabre, Sirodot, Plateau, observ. pers. etc.)

(i) En outre de l'acide urique, la leucine, l'acide hippurique, la guanine, et d'une façon très douteuse l'urée auraient été trouvés accessoirement dans les produits de désassimilation des Insectes (Kölliker, Davy, Audouin, Raph. Dubois, etc.)

CHAPITRE VII

MOLLUSQUES

Nous examinerons successivement les trois groupes chez lesquels on ait fait des recherches pour décèler la présence de l'acide urique : les Lamellibranches, les Gastéropodes et les Céphalopodes.

1° LAMELLIBRANCHES :

Les premiers auteurs qui aient parlé de la présence de l'acide urique dans l'organe de Bojanus des Lamellibranches sont Owen (74) et Garner (75); mais ils se bornent à en constater la présence sans dire les réactions sur lesquelles ils se basent; Babo ayant analysé les calculs provenant de l'organe de Bojanus du *Pectunculus pilosus* les a trouvés composés de phosphate calcaire avec une trace de phosphate de magnésie et une faible quantité d'une matière organique se comportant avec l'acide nitrique exactement comme l'acide urique.

Mais ce ne fut que plus tard, en 1856, que M. de Lacaze-Duthiers (81) dans son célèbre mémoire sur l'organe de Bojanus signala d'une façon positive l'acide urique chez les Acéphales. Riche auquel l'analyse avait été confiée, en traitant par les méthodes appropriées la poussière brunâtre qui sort de l'organe de Bojanus des Lutraires obtint des cristaux d'acide urique et avec ces cristaux la murexide. Cette découverte jeta une vive lumière sur la physiologie de l'organe en question, et fournit un argument de plus à ceux qui voyaient un rein dans l'organe de Bojanus des Lamellibranches. Des résultats analogues mais moins positifs furent obtenus sur les Mactres (81).

Toutefois les recherches qui suivirent sans infirmer les résultats précédents montrèrent que la présence de l'acide urique chez les Acéphales, loin d'être générale, était l'exception. [En 1856, Schlossberger (82) analysant les calculs de la *Pinna nobilis* les trouva formés en majeure partie de phosphate de chaux et de magnésie, mais n'y trouva pas d'acide urique. Voït (84) a fait de nombreuses analyses portant sur des Huîtres et des Huîtres

perlières, les unes sur les animaux entiers, les autres sur les organes eux-mêmes ; il n'a jamais obtenu d'acide urique. L'analyse des concrétions du *Pectunculus pilosus* où Babo avait signalé un corps ayant les réactions de l'acide urique, lui a également donné des résultats négatifs. Griesbach (86) pour les concrétions d'*Anodonta piscinalis*, Krukenberg (88), pour les calculs de *Pinna squamosa*, *Spondylus gaederopus*, *Macra lactea*, *Ostrea lamellosa*, *Tapes decussata*, *Mytilus edulis*, *Pecten Jacobæus*, sont arrivés à de pareilles conclusions (1). Enfin M. Letellier (90) dans sa thèse sur la fonction urinaire des Mollusques Acéphales soutenue en 1887, a montré que la présence de l'acide urique était un phénomène extrêmement rare chez les Acéphales. Ses expériences très minutieuses et très variées ont porté sur les organes de Bojanus provenant de centaines de moules, il a passé en revue vingt-deux espèces différentes d'Acéphales, et n'a obtenu que des résultats négatifs (2).

Il restait donc, après bien des recherches, les calculs de la Lutraire qui, à la rigueur, peuvent être considérés comme pathologiques, pour démontrer la fonction de l'organe de Bojanus des Acéphales ; c'était peu, surtout si l'on considère que la position de cet organe, par rapport au trajet du sang, est bien plutôt, ainsi que le fait remarquer M. de Lacaze-Duthiers, celle d'un foie que celle d'un rein.

Une analyse portant sur les organes de Bojanus d'un grand nombre d'animaux pouvait seule résoudre la question. M. Letellier la fit et démontra la présence de l'urée dans l'organe de Bojanus de tous les Acéphales qu'il put se procurer en quantité suffisante pour procéder à ce genre de recherche, notamment chez la Moule, l'Anodonte et le Cardium ; il a, en outre, signalé la présence de la tyrosine, de la leucine, de la créatinine, de la créatine et de la taurine.

Gorup-Besanez (79) avait trouvé une substance qui présentait les réactions de la guanine, mais les recherches postérieures de Voït et de Letellier n'ont pas confirmé ce résultat.

(1) Griffiths (91) prétend avoir trouvé de l'acide urique et de l'urée dans l'organe de Bojanus de l'Anodonte ; le premier résultat est contredit par les recherches de Griesbach et de Letellier.

(2) Les vingt-deux espèces examinées par M. Letellier sont : *Ostrea edulis*, *Pecten maximus*, *Pecten varius*, *Pinna verruculata*, *Pectunculus pilosus*, *Cardium norvegicum*, *Cyclas corneus*, *Tapes decussata*, *Tapes pullastra*, *Cytherea chione*, *Macra solida*, *Tellina solidula*, *Donax anatina*, *Solen ensis*, *Pholas dactylus*, *Pholas candida*, *Pandora rostrata*.

Pour ce dernier auteur la présence de l'urée en quantité notable dans l'organe de Bojanus a une signification décisive pour déterminer la fonction rénale de l'organe de Bojanus des Acéphales. Il est certain que la découverte de cette substance a une grande importance au point de vue physiologique.

Néanmoins l'existence de l'urée ne serait certainement pas suffisante pour trancher la question, si l'on ne savait par l'étude anatomique du sac de Bojanus que cette urée peut être éliminée directement au dehors par un canal excréteur. On sait, en effet, que l'urée n'est pas caractéristique de l'urine, et que, pour bien des auteurs, le foie est son lieu de formation chez les animaux supérieurs. Chez les Mollusques eux-mêmes, l'organe de Bojanus n'est pas le seul organe où on ait trouvé de l'urée :

En 1880, Krukenberg (88) (1), avait déjà trouvé cette substance dans le foie d'*Arca Noæ*, de *Mytilus gallo-provincialis*, et de différents gastéropodes tels que *Turbo rugosus*. Cet auteur avait de plus signalé dans le foie de nombreux mollusques cette même taurine que nous venons de voir examiner dans l'organe de Bojanus.

Fort de sa découverte, Krukenberg disait à cette époque que c'était le foie bien plutôt que l'organe de Bojanus qui devait être assimilé à un rein. Aujourd'hui le foie est devenu le pancréas, et l'organe de Bojanus a repris sa place.

Hâtons-nous de dire que toutes ces contradictions sont plutôt apparentes que réelles, et qu'elles sont dues à l'assimilation forcée que les physiologistes sont trop souvent tentés de faire entre les organes des animaux inférieurs et ceux des Vertébrés.

On veut à tout prix retrouver dans le fonctionnement de l'organisme d'un Invertébré la même filière que dans celui de l'organisme d'un Vertébré. Or, rien n'est plus contraire à la vérité que cette manière de voir. Il y a plus d'une combinaison possible pour arriver à l'assimilation et à la désassimilation, et les facteurs nécessaires peuvent se grouper ou se dissocier de façons bien différentes pour arriver au même résultat final.

C'est ainsi qu'au risque de commettre une hérésie physiologique, nous admettrons que l'organe de Bojanus peut très bien participer avec le foie à la fonction urinaire, et ce dernier jouer en même temps un rôle analogue à celui d'un pancréas, et un rôle éliminateur.

(1) *Loc. cit.* p. 31-33.

2° GASTÉROPODES :

Si la présence de l'acide urique a été discutée chez les Acéphales, il n'en est pas de même chez les Gastéropodes. Ce fut Jacobson (73) qui, en 1820, constata pour la première fois, la présence de l'acide urique dans l'organe de Bojanus de l'Escargot (*Helix pomatia*). Davy (23) l'a trouvé depuis chez les *Helix* exotiques. Il est à remarquer que c'est surtout chez les Pulmonés qu'il est fait mention de l'acide urique chez les Gastéropodes. Leydig et Scherer l'ont signalé chez la Paludine, Meckel (77) chez la Lymnée et la Planorbe, Krukenberg (88) d'une façon non constante chez *Arion ater*, Mac Munn (71) chez *Limax flavus*, Letellier (90) chez *Physa acuta* (1).

D'après Letellier, il existe en aussi grande quantité que chez l'Escargot où il est extrêmement abondant chez *Limnæa stagnalis* et *palustris*, chez *Physa acuta* et *Planorbis corneus*. — En dehors des Pulmonés, les exemples des Gastéropodes cités comme ayant de l'acide urique sont extrêmement rares, et à ma connaissance, du moins, il n'y a que le Pleurobranche où l'acide urique a été trouvé par Riche et Lacaze-Duthiers (93), et la Patelle vulgaire où il a été signalé par Griffiths (92).

Chez l'Escargot (*Helix aspersa* ou *H. pomatia*) il existe en si grande abondance qu'il suffit de crever un organe de Bojanus sur une lame de verre, pour qu'il s'échappe immédiatement sous forme d'une traînée nuageuse; et l'on obtient la réaction de la murexide avec la plus grande facilité. On sait que l'élimination de cet acide se fait chez les Pulmonés d'une façon assez spéciale; il s'accumule, en effet, sous forme de petites concrétions dans les cellules épithéliales de l'organe de Bojanus, puis les cellules se détachent et tombent dans l'intérieur du sac pour être ensuite évacuées au dehors par le canal excréteur.

Chez le Cyclostome (*Cyclostoma elegans*) qui, par l'existence d'un poumon se rattache aux Pulmonés, mais qui, par le reste de son organisation se rattache aux Prosobranches, il y a une particularité anatomique très intéressante qu'il est impossible de ne pas signaler. Claparède avait déjà démontré, en 1858, que chez le *Cyclostoma elegans* il y avait deux sortes d'appareil excréteur; or Barfuth (89) a récemment fait voir que l'un d'eux nommé glande à concrétions contient de l'acide urique; au contraire la partie désignée sous le

(1) La présence de l'acide urique a été aussi démontrée chez *Bulimus montanus*, *Physa fontinalis*, *Vitrina elongata*, *Succinea amphibia*, etc. Krukenberg, loc. cit. (90) p. 19.

nom de rein ne contient ni acide urique, ni aucune autre substance alliée telle que guanine, xanthine, etc.

Il résulte de ce qui précède que l'existence de l'acide urique semble générale chez les Gastéropodes munis d'un poumon. D'après Krukenberg cependant il y aurait des espèces chez lesquelles l'acide urique ne serait pas constant et se rencontrerait chez un individu, faisant au contraire défaut chez un autre.

Les recherches portant sur les autres Gastéropodes ne sont pas encore assez nombreuses pour pouvoir conclure d'une façon générale à leur égard.

3° CÉPHALOPODES :

Chez les Céphalopodes, l'existence de l'acide urique n'est pas plus contestable que chez les Gastéropodes, mais elle paraît être un fait encore moins général que dans ce dernier ordre. Jusqu'ici on ne l'a mentionné que dans un seul type, la Seiche.

En 1835, Mayer considéra le liquide des cœcums péritonéaux comme de l'urine et les appendices glandulifères des veines comme des reins. Harless (78) signala à l'intérieur des cœcums précédents des corpuscules d'un rouge vermillon qui déjà, du reste, avaient été vus par Siebold et Krohn ; mais il reconnut par l'analyse qu'ils étaient composés d'acide urique.

Paul Bert (85) obtint le même résultat.

Griffiths (91) a analysé le liquide des cœcums péritonéaux ou sacs rénaux de la Seiche et il aurait trouvé de l'acide urique et du phosphate de chaux ; mais il ne parle que d'un liquide clair et nullement des corpuscules rouge vermillon qui cependant frappent immédiatement la vue lorsque l'on a ouvert les sacs rénaux.

Cet auteur aurait de plus constaté l'existence d'une petite quantité d'acide urique dans la veine cave avant son entrée dans le rein, et son absence dans le sang qui revient des branchies.

Chez le Nautilé, il a été cherché sans succès à diverses reprises (1) ; il en est de même chez *Sepiola Rondeletii*, *Loligo vulgaris* et *Octopus vulgaris* (2).

Léon Frédéricq (87) a examiné le liquide même de l'excrétion du Poulpe ; il a trouvé que ce liquide avait une densité de 1035 ; il a fait une analyse portant sur environ 18 centimètres cubes, et n'a trouvé ni acide urique ni urée, enfin, en soumettant les concrè-

(1) Voir Huxley : *The anatomy of invertebrated animals* 1877, p. 524.

(2) Voir Krukenberg. *Vergl. Ph. Stud.* 1880. p. 27.

tions pierreuses qui se trouvent à la surface des appendices glandulifères des reins du Poulpe à l'épreuve de la murexide, il eut un résultat négatif, mais l'addition de potasse au résidu azotique donna une teinte rouge, qui devint d'un beau violet à la chaleur ; cette réaction appartenant aux corps de la série xanthique, Léon Frédéricq conclut à la présence de la guanine ou de la xanthine.

Il se peut que Hessling (21) ait confondu cette réaction avec celle de la murexide, lorsqu'il signala la présence de concrétions d'acide urique chez *Octopus vulgaris*, *Eledone moschata* et *Loligo vulgaris* ; à moins que, ce qui n'a rien d'in vraisemblable, l'acide urique se présente chez ces animaux d'une façon inconstante.

OBSERVATIONS

1^o ACÉPHALES :

Les recherches si complètes de Letellier sur ce point m'ont dispensé de passer en revue les mollusques de cet ordre. — Toutefois j'ai pensé que l'acide urique pourrait peut-être se trouver dans un autre organe que l'organe de Bojanus : j'ai alors fait un extrait avec 50 moules entières, sans prendre le soin de séparer aucun organe. Le résultat a été négatif.

2^o GASTÉROPODES :

La quantité d'acide urique excrétée par les Pulmonés m'a fait songer à doser la proportion de cet acide contenu dans l'organe de Bojanus de l'Escargot.

J'ai pris 150 *Helix pomatia* venant de Bourgogne et du marché de Paris ; l'expérience ayant été faite à la fin de Mars, les *Helix* se trouvaient à la fin de la période d'hibernation et possédaient tous encore leur opercule. Ils se trouvaient donc vraisemblablement dans de bonnes conditions pour renfermer une grande quantité d'acide urique.

La méthode que j'ai adoptée est la suivante : Les reins des 150 *Helix* sont disséqués et réunis dans un mortier ; puis ils sont broyés avec du verre pilé de façon à former une bouillie, et traités ensuite par l'eau bouillante ; le liquide est filtré à travers un morceau d'étamine ; cette opération est répétée à diverses reprises, et les liquides sont réunis, puis filtrés bouillants. Le filtratum aqueux est évaporé à siccité et le résidu sec est épuisé par l'alcool ;

la liqueur alcoolique d'un beau jaune ambré est décantée et mise de côté.

Le résidu sec formé en majeure partie d'urates est repris, par de l'eau, et de la potasse est ajoutée jusqu'à réaction alcaline persistante; la quantité de potasse qu'il faut ajouter pour arriver à ce résultat est considérable, ce qui indique déjà une grande quantité d'acide à saturer. La liqueur potassique est alors filtrée et additionnée d'acide chlorhydrique jusqu'à réaction franchement acide. Un précipité extrêmement abondant se produit aussitôt, après avoir laissé reposer ce précipité et avoir décanté la liqueur surnageante, il est redissous dans la potasse et la liqueur totale est amenée à un volume donné (1 litre). Le 10^e de la liqueur, d'après l'abondance du précipité étant jugé suffisant pour faire le dosage, est séparé et ensuite additionné d'acide chlorhydrique.

Après avoir laissé reposer pendant 48 heures, le précipité qui s'est formé est lavé à l'acide chlorhydrique légèrement dilué et bouillant de façon à dissoudre les corps étrangers tels que xanthine, albuminoïdes ou autres qui auraient pu être précipités avec l'acide urique; si ce dernier n'est pas encore blanc et pur on le reprend encore par la potasse et on le reprécipite par l'acide chlorhydrique. On obtient alors l'acide urique sous forme d'une poudre bien blanche et composée de cristaux microscopiques.

Après lavage à l'eau distillée, il est séché et pesé suivant le procédé connu.

Ces différentes opérations nécessaires pour avoir l'acide urique pur ont pour résultat de laisser une certaine quantité de ce corps dans les eaux-mères et dans les eaux de lavage. Aussi est-il nécessaire de faire subir la correction indiquée par les auteurs (1).

Le poids d'acide urique obtenu pour la sécrétion a été de 0^{gr}.4092 soit par *Helix* de 0^{gr}.0072.

Nous pouvons donc admettre qu'un *Helix pomatia* dont le poids moyen est de 17 grammes (coquille et opercule compris) renferme dans son organe de Bojanus au minimum 7 milligrammes d'acide urique, à la fin de la période d'hibernation.

J'ai utilisé les matériaux qui m'avaient servi pour le dosage précédent, en procédant à la recherche de l'urée. J'ai traité le résidu de l'extrait alcoolique, par l'acide azotique afin d'obtenir de l'azotate d'urée, et par le réactif de Millon. Les résultats ont été

(1) Je me suis servi pour les eaux-mères de la correction de 0,0048 par 100 c.c. et pour les eaux de la correction de 0,0045 par 100 c.c.

négatifs. Letellier (90) était du reste déjà arrivé à la même conclusion. En outre l'extrait alcoolique a présenté une réaction franchement acide qui est peut-être due à un acide organique autre que l'acide urique; en l'évaporant à un faible volume on obtenait des petits cristaux lamelleux, très minces, chatoyants et nacrés, surnageant à la surface du liquide, et de forme rhomboïdale; ces cristaux étaient en trop faible quantité pour les soumettre à l'examen chimique. Je crois aussi autant qu'on peut en juger par le simple examen microscopique avoir trouvé de la leucine qui existerait alors en assez grande abondance.

Il aurait été intéressant de voir si l'existence de l'acide urique n'était générale que chez les Pulmonès, et si, en réalité, il manquait chez la plupart des autres Gastéropodes.

Je n'ai malheureusement pas encore eu l'occasion de le faire.

3° CÉPHALOPODES :

Trois Seiches ont été examinées. Leur sac rénal renfermait des calculs d'un beau rouge vermillon adhérents pour la plupart aux parois du sac; le plus gros de ceux que j'ai examinés avait la taille d'un grain de chenevis; la majorité formait un fin gravier rouge. Ces calculs ainsi que Harless et Paul Bert l'avaient déjà constaté donnent la réaction de la murexide.

Ils se dissolvent dans l'eau bouillante bien qu'assez difficilement. Il n'y a donc pas de phosphates ou de carbonates alcalino-terreux. Un des calculs étant chauffé sur le couvercle d'un creuset de platine, il se carbonise, et il reste un très faible résidu insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'acide chlorhydrique avec effervescence.

La dissolution chlorhydrique des cendres est recueillie et additionnée d'ammoniaque et d'oxalate d'ammoniaque: il se produit un léger précipité indiquant la présence de la chaux; ce précipité est filtré et le liquide clair additionné de phosphate de soude; il ne se forme pas de dépôt ammoniaco-magnésien révélant la présence de la magnésie.

Le résidu de la calcination est donc du carbonate de chaux. L'acide carbonique ne préexistant pas ainsi qu'on peut le constater en traitant un calcul par l'acide chlorhydrique, il faut admettre qu'il provient de la décomposition de l'acide urique, et qu'il y avait une faible trace d'urate de chaux. Toutefois la presque totalité du calcul est formée d'acide urique libre. Si l'on traite, en effet, sous le microscope, la poussière cristalline qui résulte de la pulvérisation

d'un calcul par l'acide chlorhydrique, on constate qu'elle reste inattaquable et l'on ne voit pas se former de nouveaux cristaux, comme cela aurait lieu s'il y avait des urates en quantité appréciable. De plus un calcul étant dissous dans l'eau bouillante, il se reprecipite par refroidissement non pas des urates, mais des cristaux d'acide urique.

J'ai constaté aussi le dégagement d'ammoniaque par la potasse; mais il est probable qu'il provient de substances étrangères.

Les calculs de la Seiche se composent donc d'acide urique libre et d'une faible quantité d'urate de chaux.

CONCLUSIONS

(a) L'acide urique fait presque constamment défaut dans l'organe de Bojanus chez les Lamellibranches, et y est remplacé par l'urée, la taurine, la créatinine, la créatine; on y rencontre aussi de la lencine et de la tyrosine (Letellier).

(b) L'urée et la taurine se rencontrant également dans le foie et dans l'organe de Bojanus des Lamellibranches, ces deux organes peuvent être considérés l'un et l'autre comme participant à la même fonction, et si la désignation de rein doit être donnée uniquement à l'organe de Bojanus, c'est parce que cet organe semble, en raison de sa structure anatomique, devoir remplir un rôle exclusivement éliminateur; le foie ayant au contraire un rôle prépondérant dans les phénomènes digestifs ne peut être assimilé à un organe rénal.

(c) Chez les Gastéropodes, la présence de l'acide urique est un fait général chez les Pulmonés, (Jacobson, etc.); *l'organe de Bojanus d'un seul Helix pomatia en renferme plus de 7 milligrammes*. Les données actuelles ne permettent pas de dire si l'acide urique existe d'une façon générale chez les autres Gastéropodes.

(d) L'urée n'a pas été rencontrée dans l'organe de Bojanus chez les Gastéropodes qui ont été examinés en vue de cette recherche (Letellier, Observ. pers.), mais on y rencontre en outre de l'acide urique, *une substance acide spéciale et probablement de la leucine*; le foie de certains Gastéropodes renferme de l'urée (Krukenberg).

(e) Chez les Céphalopodes, la Seiche est le seul type chez lequel l'acide urique ait été trouvé d'une façon certaine (Harless, Paul Bert, etc.) Il existe dans le rein de cet animal à l'état d'acide urique libre avec traces d'urate de chaux (Observ. pers.).

(f) Un corps xanthique, sans doute la guanine, remplace l'acide urique chez le Poulpe. (Frédéricq).

(e) Chez les Mollusques, l'excrétion de l'acide urique se fait à l'état solide, soit sous forme d'une fine poussière éliminée avec les cellules qui la produisent comme chez les Pulmonés, soit sous forme de calculs et de gravier comme chez la Seiche ; il se peut aussi que dans certains cas elle se fasse exclusivement à l'état liquide, et alors l'acide urique étant éliminé à mesure qu'il se forme peut avoir échappé à des recherches superficielles.

CHAPITRE VIII

TUNICIERS

L'Acide urique a été découvert chez les Tuniciers par M. de Lacaze-Duthiers (93).

Dans le « sac bojanien » de cette ascidie se trouve une grosse concrétion « jaune bistre solide reproduisant, mais en plus petit et avec des bords irréguliers, la forme générale de l'organe. » D'après les réactions données par cette concrétion, M. de Lacaze-Duthiers conclut qu'elle est formée d'acide urique. En dehors de ce gros calcul central, on trouve aussi des petits amas uriques à l'intérieur des cellules autour des noyaux, mais d'une façon moins constante que chez les Pulmonés et chez la Lutraire.

Les résultats précédents ont été confirmés par Kupffer (94) qui a trouvé de l'acide urique dans les « reins » d'*Ascidia complanata*, et Krukenberg (95) qui en a reconnu la présence constante chez *Phallusia mentula* dans la masse glandulaire qui entoure l'intestin.

La brièveté du chapitre nous dispensera de conclusions.

CONCLUSIONS

Avec les Tuniciers nous sommes arrivés à la frontière qui sépare le domaine des Invertébrés de celui des Vertébrés. Une étude analogue à celle que nous venons de faire ne pourrait avoir d'intérêt chez les Vertébrés qu'à la condition de faire de nombreuses expériences physiologiques. Cette étude, prise à un point de vue restreint, notamment chez les animaux hibernants fera sans doute l'objet d'un prochain travail déjà ébauché.

Nous ne donnerons pas de résumé de la précédente étude; on trouvera, en effet, à la fin de chaque chapitre les conclusions qui résument à la fois l'état des connaissances actuelles et le résultat de nos recherches personnelles. Nous nous contenterons seulement de jeter un coup d'œil en arrière sur le chemin parcouru.

Nous voyons d'abord que la sécrétion de l'acide urique est un phénomène qui n'est pas constant chez les Invertébrés, et que l'on n'a pu en découvrir chez les Spongiaires, les Cœlenterés, les Echinodermes et les Vers. Dans les types organiques où on le rencontre (Mollusques, Arthropodes), il n'existe pas dans toutes les classes, ou tout au moins se présente chez quelques-unes d'entre elles d'une façon tout à fait exceptionnelle en se cantonnant à quelques espèces. C'est ainsi que chez les Arthropodes, si la sécrétion de l'acide urique est à peu près générale chez les Insectes et les Myriapodes, elle est au contraire exceptionnelle chez les Arachnides, et semble jusqu'à présent faire défaut chez les Crustacés. C'est ainsi également que, chez les Mollusques, si la sécrétion de l'acide urique est générale chez les Gastéropodes pulmonés, elle est extrêmement rare chez les Acéphales.

Enfin, dans les cas où la sécrétion de l'acide urique disparaît ou devient accessoire, nous constatons un phénomène de chimie physiologique des plus curieux : la désassimilation des substances albuminoïdes se fait alors sous forme de bases organiques, véri-

tables alcaloïdes animaux (guanine, leucomaïnes, etc.). L'existence, dans les produits de désassimilation, de ces substances qui nous ont été révélées par les belles découvertes de M. Gautier est donc un fait général, et semble même être un phénomène plus constant et plus important chez les Invertébrés que chez les Vertébrés.

Enfin, en terminant ce travail, je tiens à faire remarquer combien l'étude de la chimie physiologique des Invertébrés jusqu'ici trop dédaignée, peut rendre de services, non seulement à la Zoologie même qui ne peut raisonnablement étudier les organes et les comparer dans les différents types sans en connaître leur fonction, mais encore à la physiologie générale qui est la base de la pathologie.

N'est-ce pas, en effet, un phénomène bien curieux que de voir chez les Invertébrés l'acide urique sécrété par un travail actif des cellules, ainsi que cela est évident pour les organes rénaux des Gastéropodes et des Acéphales, et pour le corps adipeux de nombreux Arthropodes; et le fait précédent, en mettant en lumière le rôle actif des cellules dans la formation des principes immédiats de l'urine, n'est-il pas de nature à jeter un jour inattendu sur la physiologie et la pathologie de l'appareil rénal chez les Vertébrés ?

Vu :

Le Président de la Thèse,
Armand GAUTIER.

Vu :

Le Doyen de la Faculté.
BROUARDEL.

Vu et permis d'imprimer :

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
GRÉARD.

